

# TRABAJO FIN DE MÁSTER



---

**Universidad de Valladolid**

## LA DAGA DE TUTANKAMÓN

Jose Mari de Arriba Castro

Tutor: Enrique Barrado Esteban



---

# Universidad de Valladolid





# Índice

0.- Resumen.....	5
1.- Propuesta didáctica.....	5
1.1.- Introducción.....	5
1.2.- Competencias clave.....	6
1.3.- Innovación.....	10
1.4.- Agenda 2030.....	11
1.5.- Conclusiones.....	12
2.- Unidad didáctica.....	15
3.- Introducción Daga de Tutankamón.....	18
4.- Historia.....	20
4.1.- Tutankamón.....	20
4.2.- Nefertiti.....	21
4.3.- Akhenatón.....	22
4.4.- Religión egipcia.....	23
4.5.- Contribuciones de la historia de Egipto.....	24
4.6.- Edad de los metales.....	25
4.6.1.- Edad del cobre.....	25
4.6.2.- Edad del bronce.....	26
4.6.3.- Edad del hierro.....	28
4.7.- La daga.....	29
5.- Modelos atómicos.....	30
6.- Espectrómetro de fluorescencia de rayos X.....	33
7.- Meteoritos.....	34
8.- Temperaturas de fusión del Hierro.....	35
9.- Acero.....	36
9.1.- Propiedades del Acero.....	38
9.2.- Metalurgia del Acero.....	38
9.3.- Convertidor Bessemer.....	39
10.- Durezas.....	40
11.- Aluminio.....	41
11.1.- Propiedades del Aluminio.....	41
11.2.- Metalurgia del Aluminio.....	42
11.3.- Método Bayer.....	43
11.4.- Electrolisis del Aluminio.....	43
12.- Titanio.....	45
12.1.- Propiedades del Titanio.....	46
12.2.- Metalurgia del Titanio.....	46
12.3.- Método Kroll.....	47
13.- Nuevos materiales.....	48
13.1.- Fibra de Carbono.....	48
13.1.1.- Propiedades de la fibra de Carbono.....	48
13.1.2.- Fabricación de la fibra de Carbono.....	49
13.2.- Fibra de Vidrio.....	50
13.2.1.- Propiedades de la fibra de Vidrio.....	50
13.2.2.- Fabricación de la fibra de Vidrio.....	51
13.3.- Grafeno.....	52
13.4.- Aerogeles.....	52
13.5.- Materiales Termoeléctricos.....	53
13.6.- Materiales Biodegradables.....	54
13.7.- Nanotubos de carbono.....	55
14.- Bibliografía.....	57
15.- Anexos.....	59

## **0.- Resumen.**

Se trata de abordar la educación desde el prisma de la nueva ley de educación LOE/LOMLOE, realizando un proyecto educativo, con un enfoque interdisciplinario y transversal, sirviendo de motivación y fomentando el trabajo en equipo tanto de alumnos como de profesores (colaboración entre distintos departamentos), fomentar la creatividad y la innovación docente así como su formación continua.

### Palabras clave:

Interdisciplinariedad, transversalidad, motivación, formación continua, creatividad.

## **0.- Summary**

It is about education from the perspective of the new law LOE/LOMLOE, carrying out an educational project, with an interdisciplinary and transversal approach, serving as motivation and promoting teamwork of both, students and teachers (collaboration between different departments), foster creativity and teaching innovation as well as their continuous training.

### Keywords:

Interdisciplinarity, transversality, motivation, continuous training, creativity.

## **1.- Propuesta didáctica.**

### **1.1.- Introducción.**

Esta unidad didáctica, tiene un enfoque interdisciplinario y transversal del aprendizaje, que es lo que se busca con el nuevo plan de estudios LOE/LOMLOE, en el que se promueve una educación más integral e interdisciplinaria. Se pretende que los estudiantes adquieran habilidades y competencias transversales que les permitan afrontar los desafíos del mundo actual y futuro.

Permite introducir a los alumnos en la química de los metales y su relación con la física y la tecnología a la vez que se explora la historia de Egipto, ayudando a comprender la evolución de la tecnología y la metalurgia a lo largo del tiempo.

En el área de Ciencias Sociales, la historia de Egipto puede ser una oportunidad para explorar temas como la organización social y política, la religión y la cultura, y su relación con otros pueblos y culturas de la época.

En el área de Lengua y Literatura, se podría trabajar en la lectura y análisis de textos históricos y científicos relacionados con la historia de Egipto y la tecnología de los metales.

En el área de Arte, se podría explorar la estética y la iconografía egipcias, así como la forma en que los metales fueron utilizados en la producción artística de la época. También se podría incorporar la realización de proyectos artísticos relacionados con la unidad didáctica, como la creación de una réplica de una herramienta o joya egipcia utilizando diferentes metales.

Además, la exploración de la historia de Egipto y la tecnología de los metales también puede ser una oportunidad para fomentar habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas, ya que se pueden plantear preguntas como: ¿Cómo se construyeron las pirámides? ¿Cómo se desarrolló la tecnología de los metales? ¿Cómo influyó la tecnología en la organización social y política de la época?

En general, la unidad didáctica y la exploración de la historia de Egipto pueden ser una forma de fomentar el pensamiento crítico y la resolución de problemas en los estudiantes, al mismo tiempo que se les brinda una perspectiva amplia y multidisciplinaria de la historia y la tecnología.

Se podría desarrollar en un curso de Física y Química de educación secundaria al abordar temas como la historia de la metalurgia, propiedades de los metales y técnicas de análisis de los materiales, adaptándolo a diferentes niveles de dificultad y profundidad, esto es, podría ser adecuada desde un curso de 3 de ESO, explorando conceptos básicos de la metalurgia y las propiedades de los metales, hasta un curso de 2 Bachillerato, profundizando en técnicas más avanzadas de análisis de materiales.

Respecto a la historia de Egipto, podría ser adecuada para un curso de 3º y 4º de la ESO, explorando los aspectos más importantes de la civilización egipcia antigua, su organización social, política y religiosa, así como sus logros culturales y científicos.

De la misma forma, podría ser adecuada para un curso de 1º de Bachillerato, profundizando en temas específicos de la historia egipcia, como la construcción de pirámides o la relación de Egipto con otros imperios antiguos, dependiendo de los objetivos de aprendizaje específicos de cada nivel educativo.

También se podría plantear en un curso de tecnología industrial o diseño industrial ya que se exploran los materiales utilizados en la fabricación de herramientas y objetos, así como en armas.

Se podría, por tanto, adaptar la unidad didáctica en función de las asignaturas.

En resumen, la unidad didáctica que se ha diseñado, puede ser una forma de integrar diferentes áreas de conocimiento y promover una educación más integral e interdisciplinaria, en línea con los objetivos del nuevo plan de estudios LOE/LOMLOE.

## **1.2.-Competencias clave.**

La unidad didáctica aborda las competencias clave de la LOE/LOMLOE de la siguiente forma:

1. Comunicación lingüística: habilidades en la lectura, escritura, escucha y habla en lengua materna, así como en una segunda lengua:
  - Aprendiendo la importancia del lenguaje en la investigación y documentación de hallazgos arqueológicos y en la comunicación de los resultados de estas investigaciones a la sociedad.
  - Buscando textos en diferentes idiomas relacionados con la construcción de la daga para analizar cómo las diferentes culturas y lenguajes se relacionan con el uso de diferentes materiales y técnicas de construcción.
  - Incluyendo, también, actividades de escritura y expresión oral en la unidad, por ejemplo, elaborando informes o presentaciones sobre la daga y los

materiales utilizados en su construcción, o escribiendo ensayos sobre la importancia de los materiales en la evolución de las civilizaciones.

El objetivo es desarrollar habilidades de comunicación efectiva y a comprender cómo el lenguaje y la cultura están relacionados con el uso de diferentes materiales y técnicas de construcción en la antigüedad y en la actualidad.

2. Competencia STEAM: (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) Hace referencia a la integración de estas disciplinas en la enseñanza y aprendizaje, fomentando el pensamiento crítico y la resolución de problemas así como la creatividad. En esta unidad, los alumnos pueden aprender:

- Geometría y estadística: La geometría se puede utilizar para estudiar la forma y las proporciones de la daga, mientras que la trigonometría se puede utilizar para calcular ángulos y distancias entre diferentes partes de la daga. Además, la estadística se puede utilizar para analizar datos sobre la composición y las propiedades de los materiales utilizados en la construcción de la daga
- Diseño de materiales: Los estudiantes pueden investigar sobre los diferentes materiales utilizados en la fabricación de dagas a lo largo de la historia y diseñar un nuevo material que sea resistente, duradero y ligero para su uso en la actualidad.
- Fabricación digital: Los estudiantes pueden aprender sobre las técnicas de fabricación digital, como la impresión 3D, para crear una réplica de una daga egipcia o diseñar su propia versión.
- Química de los metales: Investigar sobre la composición química de los metales utilizados en la fabricación de dagas y aprender sobre las propiedades de los metales, como la resistencia a la corrosión y la conductividad eléctrica.
- Historia de la tecnología: Los alumnos pueden aprender sobre la evolución de las técnicas de fabricación de dagas a lo largo de la historia y compararlas con las técnicas modernas utilizadas en la actualidad.
- Física de los materiales: Los estudiantes pueden aprender sobre las propiedades físicas y realizar ensayos y mediciones precisas de los materiales utilizados en la fabricación de dagas, como la dureza, la densidad y la resistencia.
- Ciencia de los materiales: Los estudiantes pueden aprender sobre la estructura molecular de los materiales y cómo esta estructura afecta a sus propiedades físicas y químicas.
- Arte y diseño: Los estudiantes pueden aprender sobre el diseño y la decoración de dagas egipcias y crear su propia versión utilizando técnicas de dibujo y pintura.

3. Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico y natural, esto es:

Comprender el mundo físico y natural, y para aplicar los conocimientos y habilidades científicas para resolver problemas relacionados con el medio ambiente.

Esta unidad puede ayudar a los alumnos a:

- Conocer las propiedades de los diferentes materiales y su relación con el mundo físico y natural. Esto les permitirá comprender cómo los materiales se comportan en diferentes condiciones y cómo interactúan con el entorno.
- Impacto ambiental: Los alumnos pueden aprender sobre el impacto ambiental de la fabricación y cómo se pueden tomar medidas para reducirlo. Por ejemplo, pueden investigar sobre materiales sostenibles o técnicas de fabricación que reduzcan el uso de energía y recursos.
- Seguridad en el manejo de herramientas: Aprendiendo sobre las medidas de seguridad necesarias para el manejo de herramientas. Esto les permitirá interactuar de manera responsable con el mundo físico y evitar posibles riesgos o daños.

#### 4. Competencia en el tratamiento de la información y la competencia digital:

Buscar, seleccionar, organizar, analizar y comunicar información utilizando las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), desarrollando habilidades en el análisis y la evaluación crítica de la información, identificando fuentes confiables y verificando la precisión de la información recopilada.

La competencia digital también puede ser fomentada mediante el uso de recursos digitales como bases de datos, enciclopedias en línea, videos y otras herramientas digitales para investigar y presentar información sobre la daga.

En general, esta unidad puede ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades en el tratamiento de la información y la competencia digital, lo que les será útil en su vida académica y profesional futura.

#### 5. Competencia social y ciudadana, esto es:

Entender y participar en la sociedad, respetando los valores democráticos y los derechos humanos.

- Los alumnos pueden aprender sobre la cultura y la historia egipcia, lo que les permitirá comprender mejor las diferentes culturas y formas de vida, y fomentar la empatía y la tolerancia hacia los demás. Además, se pueden discutir temas como la preservación del patrimonio cultural y la importancia de proteger y conservar los objetos históricos para las generaciones futuras. Esto puede ayudar a los estudiantes a desarrollar un sentido de responsabilidad hacia su comunidad y hacia la preservación del patrimonio cultural.
- También se pueden discutir temas relacionados con la innovación y la creatividad en la ingeniería y la tecnología, lo que puede ayudar a los estudiantes a comprender la importancia del desarrollo y la innovación en la sociedad y la economía.

Esta unidad, por tanto, puede ayudar a los alumnos a desarrollar una comprensión más profunda de la cultura y la historia, fomentar la empatía y la tolerancia hacia los demás, y desarrollar un sentido de responsabilidad hacia la preservación del patrimonio cultural. También puede ayudarles a comprender la importancia de la innovación y la creatividad en la sociedad y la economía.



## 6. Competencia en el sentido de iniciativa y espíritu emprendedor:

Identificar oportunidades, tomar decisiones y actuar de manera creativa y emprendedora.

- Por ejemplo siendo desafiados a idear y diseñar su propia daga, utilizando materiales modernos y técnicas de ingeniería contemporáneas. Los estudiantes pueden trabajar en equipo y ser desafiados a utilizar su creatividad e imaginación para desarrollar una solución única y original, explorando los posibles usos comerciales y aplicaciones de su diseño de daga, lo que les permitirá desarrollar habilidades en el análisis de mercado y la identificación de oportunidades de negocio.

Esta unidad puede ayudar a los alumnos a desarrollar habilidades en el sentido de iniciativa y espíritu emprendedor, fomentando su creatividad, imaginación y habilidades de diseño. Además, puede ayudarlos a comprender mejor la relación entre la ciencia de los materiales, la tecnología y la innovación, y cómo esto puede conducir al desarrollo de nuevos productos y soluciones comerciales.

## 7. Competencia en conciencia y expresión cultural:

Comprender y valorar diferentes expresiones culturales y artísticas, y para expresarse de manera creativa.

- Por ejemplo elaborando una exposición sobre la cultura egipcia y la importancia de la daga en la sociedad y la historia egipcias. Esto les permitirá desarrollar habilidades en la investigación, la presentación y la comunicación de la cultura.

De esta forma, se ayuda a los estudiantes a desarrollar una mayor conciencia cultural y comprensión de la relación entre la tecnología y la cultura. También puede fomentar su capacidad para expresarse y comunicarse sobre temas culturales complejos y específicos, y su capacidad para investigar y presentar información de manera efectiva.

## 8.- Competencia para aprender a aprender:

- Promoviendo la reflexión y el pensamiento crítico: Los estudiantes pueden reflexionar sobre el papel de la daga en diferentes contextos históricos y culturales, así como sobre sus implicaciones éticas y morales.
- Fomentando la curiosidad: Durante la unidad, se puede hacer hincapié en la importancia de la investigación y la exploración, para que los estudiantes puedan descubrir por sí mismos información relevante acerca de las dagas, sus usos y características.
- Estimulando el trabajo en equipo y la colaboración: Se puede promover el trabajo en equipo y la colaboración, ya sea en la investigación y elaboración de materiales, como en la resolución de actividades y retos planteados durante la unidad.
- Proporcionando herramientas para el autoaprendizaje: La unidad puede incluir recursos y materiales que permitan a los estudiantes profundizar en su conocimiento acerca de las dagas, como videos, artículos, libros, etc. Además, se pueden enseñar técnicas de organización y gestión del tiempo para que los estudiantes puedan autoevaluar su propio proceso de aprendizaje.

La unidad didáctica sobre la daga puede ser una excelente oportunidad para fomentar el desarrollo de la competencia de aprender a aprender en los estudiantes, ofreciéndoles las herramientas y estrategias necesarias para que puedan gestionar su propio aprendizaje de forma autónoma y eficaz.

### **1.3.-Innovación.**

Se pueden incluir también en esta unidad didáctica varias ideas de innovación:

- **Uso de tecnología:** Se podría utilizar la realidad virtual o aumentada para que los estudiantes puedan explorar la tumba de Tutankamón y ver la daga de cerca, lo que les permitiría tener una experiencia más inmersiva y memorable.
  
- **Aprendizaje basado en proyectos:** Se podría diseñar un proyecto en el que los estudiantes tengan que crear una réplica de la daga utilizando técnicas de fabricación modernas, como la impresión en 3D o el corte por láser. Esto les permitiría aplicar los conocimientos adquiridos en la unidad y desarrollar habilidades técnicas.
  
- **Aprendizaje cooperativo y colaborativo:** Se podría fomentar el trabajo en equipo y la colaboración entre estudiantes de diferentes disciplinas para abordar diferentes aspectos de la unidad didáctica, como la historia, la tecnología y la fabricación. Esto les permitiría aprender unos de otros y desarrollar habilidades sociales y de comunicación.
  
- **Enfoque global:** Se podría vincular la unidad didáctica con otros temas globales, como la sostenibilidad, la ética y la justicia social, y discutir cómo el uso de materiales valiosos en la fabricación de objetos de lujo como la daga de Tutankamón afecta a las personas y al medio ambiente.
  
- **Evaluación auténtica:** Se podría utilizar una evaluación auténtica para evaluar el aprendizaje de los estudiantes, como una exposición en la que los estudiantes presentan sus réplicas de la daga y explican el proceso de fabricación y los materiales utilizados. Esto les permitiría demostrar su comprensión de los temas de la unidad de una manera más práctica y significativa.
  
- **Gamificación:** Se podría incorporar elementos de juego en la unidad didáctica, como competencias, desafíos y recompensas, para motivar a los estudiantes y hacer el aprendizaje más divertido y entretenido.
  
- **Aprendizaje basado en la experiencia:** Se podría proporcionar a los estudiantes una experiencia de aprendizaje auténtica, como visitar un museo de arte egipcio o participar en un taller de fabricación de objetos de

metal o visitar una orfebrería. Esto les permitiría conectar los conceptos teóricos con situaciones reales y hacer el aprendizaje más significativo.

## 1.4.- Agenda 2030

Agenda 2030. La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, es un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, que también tiene la intención de fortalecer la paz universal y el acceso a la justicia.



Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas que está relacionado con el tema de la daga de Tutankamón y los metales son:

**ODS 9:** "Industria, innovación e infraestructura".

Este objetivo tiene como finalidad fomentar la creación de infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y la innovación, y aumentar el acceso a tecnologías y a recursos financieros para las empresas y los emprendedores.

En el caso de esta unidad, este objetivo podría estar relacionado con la aplicación de tecnologías avanzadas para el análisis y la conservación de la daga, así como para el estudio de los materiales y la fabricación de herramientas y objetos de metal en la antigüedad. También podría estar relacionado con el fomento de la investigación y la innovación en el campo de la arqueología y la conservación del patrimonio cultural, y con el desarrollo de infraestructuras y recursos educativos para promover el aprendizaje interdisciplinario en las escuelas y universidades.

**ODS 4:** "Educación de calidad".

Este objetivo busca garantizar el acceso a una educación de calidad y promover el aprendizaje a lo largo de toda la vida. En el caso de esta unidad, este objetivo podría estar relacionado con el fomento de la educación interdisciplinaria, la promoción de la investigación y el aprendizaje colaborativo, y el desarrollo de recursos educativos que fomenten la comprensión y el cuidado del patrimonio cultural.

**ODS 11:** "Ciudades y comunidades sostenibles".

Tiene como objetivo hacer que las ciudades y comunidades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. En esta unidad, este objetivo podría estar relacionado con la promoción del turismo cultural sostenible, la conservación del patrimonio histórico y cultural y la promoción de la cooperación internacional en la protección del patrimonio cultural.

**ODS 12:** "Producción y consumo responsables".

Pretende promover patrones de consumo y producción más sostenibles. En el caso de la daga, este objetivo podría estar relacionado con el uso y extracción de metales preciosos.

**ODS 13:** "Acción por el clima".

Tiene como fin tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos negativos. En esta unidad, podría estar relacionado con el uso de tecnologías avanzadas para minimizar los impactos ambientales, y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, reciclando y realizando patrones de consumo y producción más sostenibles así como con el uso y extracción de metales preciosos.

**ODS 16:** "Paz, justicia e instituciones sólidas".

Este objetivo promueve sociedades pacíficas e inclusivas, fortaleciendo las instituciones y promoviendo el acceso a la justicia para todos. En esta unidad, este objetivo podría estar relacionado con la promoción de la cooperación internacional en la protección y conservación del patrimonio cultural, el fomento de la transparencia y la rendición de cuentas en la gestión del patrimonio cultural así como en la promoción de la justicia e igualdad en la investigación y conservación de dicho patrimonio.

## **1.5.- Conclusiones**

Hay varios motivos por los que se propone esta unidad didáctica:

- Que los alumnos vean la importancia de la interdisciplinariedad en la investigación y la conservación del patrimonio cultural. El estudio de la daga de Tutankamón y otros objetos antiguos requiere una comprensión profunda de diferentes campos de conocimiento, desde la historia y la arqueología hasta la química y la metalurgia. Es fundamental fomentar la colaboración y la cooperación entre expertos de diferentes disciplinas para lograr una comprensión más completa y precisa de estos objetos y su contexto histórico.
- La complejidad de los procesos metalúrgicos antiguos.

El estudio de la daga ha revelado que los antiguos egipcios tenían un conocimiento avanzado de la metalurgia y eran capaces de producir aleaciones de cobre y oro con propiedades sorprendentes. Sin embargo, también ha demostrado que estos procesos eran complejos y requerían una gran habilidad y conocimiento técnico. La comprensión de estos procesos

puede ayudarnos a comprender mejor la tecnología antigua y a desarrollar nuevas técnicas para la producción de materiales avanzados en la actualidad.

- La importancia de la conservación del patrimonio cultural.

La daga de Tutankamón es un objeto invaluable de la historia antigua, y su estudio y conservación son fundamentales para preservar nuestro patrimonio cultural y entender nuestro pasado. Es esencial que se sigan realizando investigaciones y se tomen medidas para proteger y conservar este objeto y otros objetos históricos similares para las generaciones futuras.

- El impacto de los materiales en la sociedad y la cultura.

Es un ejemplo de cómo los materiales y su uso pueden influir en la cultura y la sociedad de una época. El oro y otros metales preciosos eran altamente valorados en el antiguo Egipto, y se les otorgaban propiedades simbólicas y religiosas. Al estudiar objetos como la daga de Tutankamón, podemos entender mejor cómo los materiales y su uso han influido en la cultura y la sociedad de diferentes épocas y lugares.

- La relación entre la tecnología antigua y la moderna.

La comprensión de los procesos metalúrgicos antiguos, como los utilizados para producir la daga, puede ayudarnos a desarrollar nuevas técnicas y materiales para la producción moderna. Los conocimientos y habilidades de la metalurgia antigua pueden ser relevantes para la producción de materiales avanzados en la actualidad y pueden inspirar nuevas ideas y enfoques para la ingeniería y la tecnología.

- La importancia de la educación y la divulgación científica.

El estudio de la daga y otros objetos antiguos puede ser una forma efectiva de fomentar el interés en la ciencia y la tecnología. La divulgación científica y la educación pueden ayudar a difundir los hallazgos y la importancia de este tipo de investigaciones, promoviendo un mayor conocimiento y aprecio por el patrimonio cultural y la ciencia en general.

- Utilizar el uso de tecnologías y herramientas educativas innovadoras.

La utilización de tecnologías y herramientas educativas innovadoras, como la realidad aumentada o la gamificación, puede ser una forma de innovación docente que permita mejorar el aprendizaje y la motivación de los estudiantes.

- Inclusión de métodos de enseñanza activos y participativos.

La inclusión de métodos de enseñanza activos y participativos, como el aprendizaje cooperativo o el aprendizaje basado en proyectos, puede ser una forma de innovación docente que fomente la participación activa de los estudiantes en su propio aprendizaje y les permita desarrollar habilidades y competencias transversales. Se podrían realizar proyectos en grupo en los que los estudiantes investiguen y presenten diferentes aspectos de la daga, desde su técnica hasta su simbolismo.

- Adaptación de la unidad didáctica a las necesidades e intereses de los estudiantes.

La adaptación de la unidad didáctica a las necesidades e intereses de los estudiantes permite personalizar el aprendizaje y aumentar la motivación de los estudiantes.

- Una oportunidad para la formación continua de los profesores: la preparación y la impartición de una unidad didáctica sobre un tema tan complejo y multidisciplinario como éste, puede requerir de los profesores una formación y actualización de conocimientos en diferentes áreas, lo que puede ser una oportunidad para la formación continua y el desarrollo profesional de los profesores, motivándolos.

- Fomentar la creatividad y la innovación docente: la impartición de una unidad didáctica sobre un tema tan atractivo y multidisciplinario como la daga de Tutankamón puede ser una oportunidad para que los profesores desarrollen nuevas estrategias y metodologías de enseñanza que fomenten el aprendizaje activo y participativo de los estudiantes.

- Fomenta el intercambio de experiencias y conocimientos entre los profesores: la preparación y la impartición de esta unidad didáctica requiere la colaboración entre diferentes profesores con conocimientos y experiencia en diferentes áreas, lo que puede fomentar el intercambio de experiencias y conocimientos entre ellos.

- Motivación de los alumnos. La daga es una pieza única y emblemática de la historia del antiguo Egipto, por lo que los alumnos que tengan un interés en la historia y la arqueología pueden sentirse motivados al aprender sobre ella.

- La curiosidad por las técnicas de fabricación de metales: la fabricación de la daga es una muestra impresionante de las técnicas de metalurgia de la época, por lo que los alumnos que estén interesados en las técnicas de fabricación de metales pueden encontrar esta unidad didáctica especialmente motivadora.

- La posibilidad de aplicar conocimientos de diferentes disciplinas: la unidad didáctica requiere la aplicación de conocimientos de diferentes disciplinas, como la historia, la arqueología, la química y la metalurgia, por lo que los alumnos que busquen un reto intelectual y la posibilidad de aplicar conocimientos de diferentes áreas pueden encontrar esta unidad didáctica especialmente motivadora.

- La oportunidad de aprender sobre una cultura diferente: la cultura del antiguo Egipto es muy rica y fascinante, y puede ser una oportunidad para los alumnos de aprender sobre una cultura diferente y ampliar su perspectiva.

- La posibilidad de realizar actividades prácticas y experimentos: se puede incluir actividades prácticas y experimentos, como la fabricación de réplicas de la daga o la realización de análisis químicos y metalúrgicos, enriqueciendo a los alumnos con una experiencia educativa más práctica y experimental.

- Desarrollar habilidades del alumno tan importantes como la organización, presentación, trabajo en equipo, y de investigación, evaluación crítica y pensamiento analítico, que son fundamentales en el proceso de aprendizaje y en la vida cotidiana.

- Dependiendo del nivel socio económico y sociocultural en el que esté ambientado el instituto, es decir, del contexto, se puede amoldar esta unidad, siendo por tanto muy versátil al respecto.

## **2.- Unidad didáctica.**

Título de la unidad: "Materiales y Civilizaciones: La Historia detrás de los Objetos que Utilizamos"

Nivel educativo: Secundaria

Tiempo estimado de la unidad: 10 clases (50 minutos cada una)

Objetivos de aprendizaje:

- Identificar los diferentes materiales utilizados en la antigüedad y en la actualidad.
- Analizar las propiedades y características de diferentes materiales.
- Comprender la importancia de los materiales en la vida cotidiana y en la evolución de las civilizaciones.
- Realizar ensayos de dureza en diferentes materiales.
- Reconocer la importancia de la ciencia y la tecnología en el desarrollo de nuevos materiales.

Contenido de la unidad:

### 1. Introducción a la unidad

- Presentación de los objetivos de la unidad y el plan de trabajo.
- Contextualización de la importancia de los materiales en la vida cotidiana y en la evolución de las civilizaciones.

### 2. Los materiales en la antigüedad

- Introducción a los materiales utilizados en la antigüedad, tales como la piedra, el cobre, el bronce, el hierro, entre otros.
- Análisis de utensilios antiguos para identificar los materiales utilizados. Los alumnos deberán trabajar en equipos y deberán escoger un utensilio para analizar.
- Lectura y discusión sobre la historia de la Edad de los Metales. Se presentará la cronología de la Edad de los Metales, desde la Edad de Cobre hasta la Edad del Hierro.

### 3. Propiedades y características de los materiales

- Modelo atómico.
- Presentación de las propiedades y características de diferentes materiales, tales como la dureza, la densidad, la conductividad térmica y eléctrica, la tenacidad, la maleabilidad, entre otras.
- Realización de experimentos para explorar las propiedades de los materiales. Se propondrán una serie de experimentos para que los estudiantes puedan explorar las propiedades de los materiales. Por ejemplo, un experimento para medir la conductividad térmica de diferentes metales o un experimento para medir la dureza de diferentes tipos de metales.

### 4. Los nuevos materiales

- Introducción a los nuevos materiales, tales como el aluminio, el titanio, los polímeros, entre otros.
- Análisis de las propiedades y características de los nuevos materiales. Se presentará información detallada sobre los nuevos materiales y se realizarán comparaciones con los materiales utilizados en la antigüedad.
- Discusión sobre la importancia de la ciencia y la tecnología en el desarrollo de nuevos materiales. Se presentará información sobre los avances científicos y tecnológicos que permiten el desarrollo de nuevos materiales.

### 5. Ensayos de dureza

- Presentación del ensayo de dureza como una herramienta para medir la resistencia de los materiales.
- Realización de ensayos de dureza en diferentes materiales, tales como el hierro, el acero, el bronce, entre otros. Los alumnos deberán realizar el ensayo en equipos y registrar los resultados utilizando diversos métodos (por ejemplo, ensayos de dureza Vickers, ensayos de dureza Rockwell, etc.).
- Análisis de los resultados y discusión sobre las aplicaciones prácticas de los ensayos de dureza.

### 6. Aplicaciones prácticas de los materiales

- Presentación de las aplicaciones prácticas de diferentes materiales en la vida cotidiana y en la industria (por ejemplo, acero en la construcción de edificios, materiales compuestos en la fabricación de aviones, polímeros en la fabricación de juguetes, etc.).

### 7. Investigación sobre la historia del hierro.

- Historia del hierro y su importancia en la evolución de la humanidad.
- ¿Cómo se descubrió el hierro?



- ¿Cuándo se empezó a utilizar?.
- Primeros objetos y herramientas fabricados con hierro.
- Impacto del hierro en la historia de la humanidad.
- Presentación de las investigaciones de forma escrita y oral.

#### 8. Simulación de espectrometría de fluorescencia de rayos X.

- Realizar una simulación de espectrometría de fluorescencia de rayos X. Se les proporcionará un software de simulación, como XRF-Simulator, y se les dará una muestra de un material.
- Determinar la composición del material y hacer una comparación con otros materiales

#### 9. Debate sobre el uso de los metales en la actualidad.

- Debatir sobre el uso de los metales en la actualidad y su impacto en el medio ambiente.
- Preparar argumentos a favor y en contra del uso de metales en la actualidad.

#### 10. Visita al instituto de ciencia de materiales de Madrid CSIC.

- Como actividad final, los alumnos tendrán la oportunidad de visitar un centro de investigación en materiales. Durante la visita, podrán conocer las instalaciones del centro, hablar con los investigadores y aprender sobre los últimos avances en la investigación de materiales.
- Preparar preguntas para hacer durante la visita y tomar notas sobre lo aprendido para compartir posteriormente en clase.

#### 11. Evaluación

Se proponen distintas formas de evaluación:

- Realización de pruebas escritas sobre los temas discutidos.
- Presentaciones orales sobre los resultados de experimentos.
- Proyectos de investigación escritos sobre temas específicos.
- Cuestionario de selección múltiple sobre la historia del antiguo Egipto (preguntas relacionadas con Tutankamón, Nefertiti, Akhenatón, la religión egipcia y las contribuciones de la historia de Egipto).
- Investigación sobre la metalurgia en la Edad de los Metales (cobre, bronce y hierro) y su importancia en la historia de la humanidad.
- Realizar un trabajo sobre la importancia de la metalurgia en la historia de la humanidad, haciendo especial hincapié en los ejemplos y conceptos aprendidos en la unidad didáctica.
- Presentación oral sobre el espectrómetro de fluorescencia de rayos X, su funcionamiento y su aplicación en la identificación de materiales.
- Hacer una práctica en el laboratorio utilizando un espectrómetro de fluorescencia de rayos X, donde los estudiantes puedan analizar diferentes muestras y determinar su composición química.
- Trabajo sobre los diferentes métodos de fabricación de acero (convertidor Bessemer, horno eléctrico, etc.) y su impacto en la industria moderna.

- Prueba práctica de dureza de materiales utilizando un durómetro.
- Investigación sobre la producción y uso del aluminio, incluyendo sus propiedades y la metalurgia del aluminio.
- Presentación oral sobre los nuevos materiales, centrándose en la fibra de carbono, su fabricación y sus propiedades.
- Análisis de la utilización de materiales termoeléctricos en la producción de energía y su impacto en la industria energética.
- Examen sobre los diferentes métodos de fabricación de titanio y sus aplicaciones en la industria moderna.
- Investigar y presentar una breve exposición sobre la utilización del acero en la arquitectura moderna, mencionando algunos ejemplos de edificios emblemáticos construidos con este material.
- Organizar un debate sobre los pros y contras de los materiales biodegradables frente a los no biodegradables, y argumentar cuál de ellos es más sostenible y respetuoso con el medio ambiente.
- Realizar una actividad práctica en grupo donde los estudiantes diseñen y construyan un modelo en miniatura de una pirámide egipcia utilizando materiales como papel maché, cartón, o arcilla.
- Hacer un juego de mesa o trivial sobre los conceptos y datos históricos de la civilización egipcia, así como de todos los temas tratados en el que los alumnos puedan demostrar su conocimiento y competencia en la materia.
- Rúbricas, valorando, entre otras cosas, habilidades del alumno tan importantes como la organización, presentación, trabajo en equipo, ..... (Ver anexos).

Recursos necesarios:

- Utensilios antiguos para análisis.
- Software XRF-Simulator
- Máquina manual de prueba de dureza Rockwell.
- Durómetros.
- Materiales para experimentos científicos.
- Materiales para realizar ensayos de dureza.
- Bibliografía sobre los temas discutidos

### **3.- Introducción Daga de Tutankamón.**

La Daga de Tutankamón es una obra de arte excepcional que se distingue por su hoja de hierro, que tiene una longitud de 25,5 centímetros y una anchura máxima de 4,7 centímetros en la base, con una curva pronunciada hacia la punta. La hoja de hierro ha mantenido su filo a pesar de los siglos que han pasado desde su fabricación, una empuñadura de cristal de roca y otras piedras preciosas y una funda de oro con gran cantidad de grabados. Fue descubierta con otros 5300 objetos por Howard Carter en 1922 en la tumba del faraón Tutankamón, que reinó entre 1332 y 1323 a.C. La daga se encuentra en muy buen estado de conservación.

La hoja se sujeta al mango mediante dos espigas que se introducen en una empuñadura de oro, que tiene forma de cabeza de halcón. La empuñadura está decorada con piedras preciosas, principalmente turquesa y lapislázuli, que se han fijado con cera y resina.

La hoja de la daga está decorada con jeroglíficos que representan a distintos dioses egipcios, y se cree que fue fabricada durante la dinastía XVIII de Egipto, alrededor del año 1350 a.C. Se piensa que la daga era utilizada como arma ceremonial o de caza, y que también podía tener un significado religioso.

En general, la daga es una obra de arte excepcional que destaca por la calidad de sus materiales, su diseño y su elaboración. La hoja de hierro y la empuñadura de oro y piedras preciosas son un testimonio del alto nivel de habilidad artística y técnica que existía en el Antiguo Egipto.



La Daga de Tutankamón es uno de los objetos más famosos descubiertos en la tumba del faraón, y es un importante ejemplo de la habilidad y la sofisticación de la orfebrería egipcia. Actualmente, la daga se encuentra en el Museo Egipcio de El Cairo, donde es uno de los objetos más populares entre los visitantes. La presencia de la daga en la tumba del faraón Tutankamón ha sido objeto de muchas teorías e hipótesis por parte de los arqueólogos y expertos en la cultura egipcia.

Una teoría sugiere que la daga era una herramienta esencial para la vida después de la muerte, y que se utilizaba para proteger al faraón en su viaje al más allá. Se piensa que el hierro de la hoja de la daga tenía propiedades simbólicas que lo hacían ideal para este propósito.

Otra teoría sugiere que la daga era un objeto ceremonial que se usaba durante los rituales religiosos. Se cree que los faraones eran considerados dioses vivos, y que la daga podría haber sido un objeto sagrado que simbolizaba el poder y la autoridad del faraón.

También existe la posibilidad de que la daga fuera un objeto de caza, ya que se sabe que los faraones egipcios eran aficionados a la caza. En cualquier caso, la presencia de la daga en la tumba de Tutankamón sugiere que era un objeto valioso y significativo para el faraón y su corte.

## **4.- Historia.**

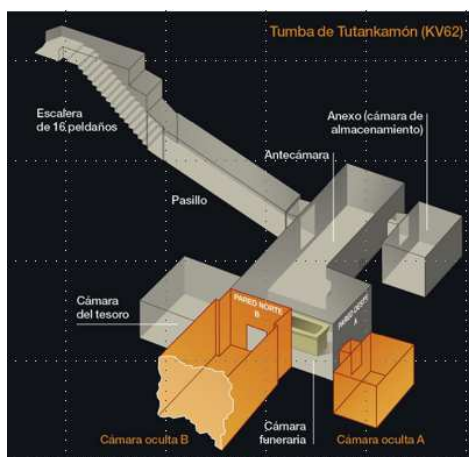
Descubrimiento de la tumba de Tutankamón.

La tumba de Tutankamón es uno de los hallazgos más famosos de la historia de la arqueología. Fue descubierta en 1922 por el arqueólogo británico Howard Carter en el Valle de los Reyes, en Egipto. La tumba de Tutankamón se encontraba en un estado de conservación excepcional y contenía numerosos objetos funerarios y tesoros que habían permanecido ocultos durante más de 3.000 años.

La búsqueda de la tumba de Tutankamón comenzó en 1914, cuando Carter y su patrocinador, Lord Carnarvon, iniciaron una serie de excavaciones en el Valle de los Reyes. Durante varios años, Carter y su equipo buscaron sin éxito la tumba de Tutankamón, siguiendo diversas pistas y teorías.

Finalmente, en noviembre de 1922, después de varios años de trabajo infructuoso, Carter y su equipo encontraron un conjunto de escaleras talladas en la roca que llevaban a una puerta sellada. Al abrir la puerta, descubrieron una serie de cámaras funerarias, que contenían una gran cantidad de objetos funerarios, entre ellos la famosa máscara funeraria de oro macizo de Tutankamón.

La tumba de Tutankamón fue uno de los descubrimientos más importantes de la arqueología, ya que proporcionó una visión única de la vida y la cultura del Antiguo Egipto. Los objetos funerarios y los tesoros encontrados en la tumba fueron objeto de un intenso estudio y análisis, y se han convertido en algunos de los artefactos más importantes e icónicos del Antiguo Egipto. Además, el hallazgo de la tumba de Tutankamón impulsó el interés mundial por la arqueología y la historia del Antiguo Egipto.



### **4.1.- Tutankamón.**

Tutankamón fue un faraón de la dinastía XVIII de Egipto, que reinó desde el año 1332 a.C. hasta su muerte en el año 1323 a.C. A pesar de que su reinado fue breve y tuvo poca importancia en su época, su legado ha trascendido a lo largo de la historia debido al descubrimiento de su tumba en 1922.

Tutankamón ascendió al trono a la edad de nueve años, después de la muerte de su padre, el faraón Akhenatón. Durante su reinado, se restablecieron las tradiciones religiosas y

políticas antiguas, y se abandonó el culto monoteísta que había promovido su padre. Además, Tutankamón ordenó la construcción de varios templos y monumentos en honor a los dioses egipcios.

A pesar de que se sabe muy poco sobre su reinado, Tutankamón es famoso por su tumba, que fue descubierta por el arqueólogo británico Howard Carter en 1922. La tumba estaba intacta y contenía miles de objetos preciosos, incluyendo la máscara funeraria de oro macizo del faraón. El descubrimiento de la tumba de Tutankamón fue un hito en la historia de la arqueología y ha permitido a los expertos aprender mucho sobre la vida y la cultura egipcias antiguas.

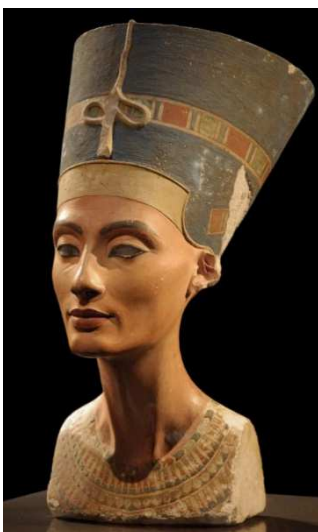


Se cree que Tutankamón murió a la edad de 18 o 19 años, y las teorías sobre la causa de su muerte incluyen una enfermedad, un accidente o un asesinato. La misteriosa muerte del faraón ha dado lugar a numerosas teorías y especulaciones a lo largo de los años, y su legado sigue fascinando a expertos y aficionados a la historia por igual.

Tutankamón perteneció a la dinastía XVIII de Egipto y su árbol genealógico es bastante complejo, ya que hubo muchas ramificaciones y uniones matrimoniales entre miembros de la familia real. A continuación, una versión simplificada del

árbol genealógico de Tutankamón:

- Su padre fue el faraón Akhenatón, quien se casó con su hermana Nefertiti.
- Su madre fue una de las esposas de Akhenatón llamada Kiya, aunque algunos expertos creen que pudo haber sido la hija de Nefertiti, Meritaten.
- Tutankamón se casó con su medio-hermana, Ankhesenamón, quien era hija de Akhenatón y Nefertiti.
- No se sabe con certeza quiénes fueron los abuelos paternos de Tutankamón, aunque algunos expertos creen que podrían haber sido Amenhotep III y su esposa Tiye.
- Por parte materna, Tutankamón tuvo al menos dos abuelos: Ay, quien posteriormente se convirtió en faraón, y su esposa Tey.



Cabe destacar que el árbol genealógico de la familia real egipcia de la dinastía XVIII es complejo y sujeto a cambios e interpretaciones a medida que se descubren nuevos hallazgos y se realizan investigaciones más detalladas.

## 4.2.- Nefertiti

Nefertiti fue una de las reinas más famosas del Antiguo Egipto, que vivió aproximadamente en el siglo XIV a.C. Era la esposa principal del faraón Akenatón y también era conocida por su belleza y su papel como líder en el culto a Atón, el dios del sol.

El reinado de Nefertiti y su esposo Akenatón se caracterizó por un intento de reformar la religión egipcia para adorar a un solo



dios, Atón, en lugar de a muchos dioses diferentes. También se cree que Nefertiti tuvo un papel importante en la toma de decisiones políticas de su esposo, y algunos han sugerido que ella pudo haber gobernado como faraón después de la muerte de Akenatón.

Nefertiti es conocida por su famosa estatua en caliza de la que se ha encontrado un modelo en el taller del escultor Tutmosis en Amarna, actualmente se encuentra en el Neues Museum en Berlín, la cual es considerada como uno de los más grandes tesoros de la antigua civilización egipcia y una de las obras de arte más importantes de la historia.

### 4.3.- Akhenatón.

El faraón Akhenatón (también conocido como Amenhotep IV) fue el gobernante egipcio que se cree que promovió la religión monoteísta en Egipto durante su reinado, en la dinastía XVIII (1353-1336 a.C.). Akhenatón abandonó la tradicional religión politeísta egipcia y estableció el culto al Dios Atón como única deidad suprema. Esta religión monoteísta, conocida como el



“Atenismo”, fue muy controvertida en su época y tuvo poco éxito a largo plazo después de su muerte. Sin embargo, su breve reinado y su intento de promover una nueva religión ha fascinado a historiadores y arqueólogos por igual, llevando a muchas teorías e investigaciones sobre su vida y su legado.

La promoción de la religión monoteísta por parte de Akhenatón sigue siendo un tema de debate y especulación entre los historiadores y los expertos en Egiptología. Sin embargo, se cree que hubo varias razones por las que el faraón decidió abandonar la tradicional religión politeísta egipcia y establecer el culto al dios Atón como única deidad suprema.

Una de las posibles razones es que Akhenatón buscaba fortalecer su control sobre el poder religioso y político de Egipto. Al establecer una nueva religión monoteísta, el faraón podría consolidar su autoridad y eliminar a los sacerdotes y otros líderes religiosos que se oponían a su gobierno.

Otra posible razón es que Akhenatón pudo haber tenido una experiencia religiosa personal que lo llevó a creer en la existencia de un solo dios. También se ha sugerido que su esposa Nefertiti, que era una figura influyente en la corte, pudo haber sido una defensora del culto al dios Atón y haber influido en la decisión de su esposo de promover una religión monoteísta.

Además, algunos expertos creen que Akhenatón puede haber intentado unificar a Egipto y promover una ideología pacifista y humanitaria al establecer una religión que enfatizaba la igualdad y la fraternidad entre los seres humanos y la naturaleza.

En resumen, hay varias teorías y posibles motivaciones detrás de la decisión de Akhenatón de promover una religión monoteísta, y la verdad probablemente se perdió en la historia antigua.

## 4.4.- Religión egipcia.

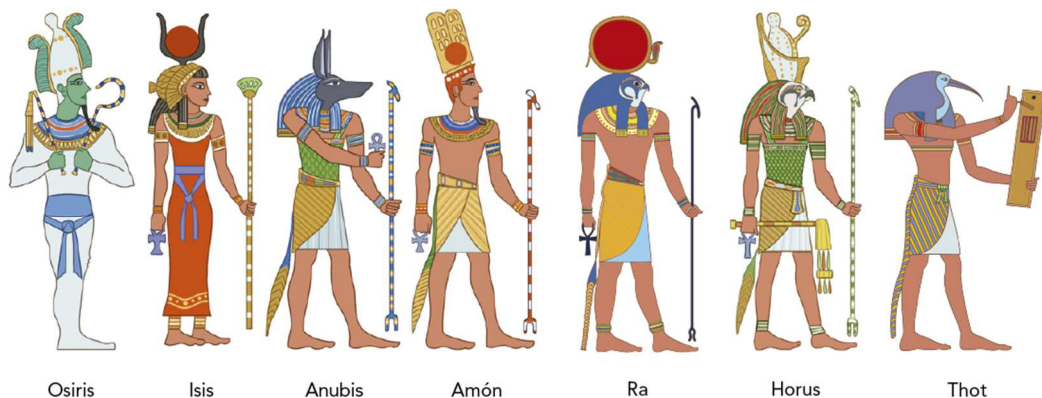
Antes del reinado de Akhenatón en la dinastía XVIII de Egipto, la religión politeísta egipcia veneraba a una amplia variedad de dioses y diosas. Algunos de los dioses más importantes incluían:

- Ra: el dios del sol, considerado el dios supremo en algunos períodos de la historia egipcia.
- Osiris: el dios de la vida después de la muerte y la resurrección.
- Isis: la diosa de la maternidad, la magia y la fertilidad.
- Horus: el dios del cielo y el protector del faraón.
- Anubis: el dios de los muertos y el embalsamador divino.
- Thoth: el dios de la sabiduría, la escritura y la magia.
- Set: el dios del caos, la desolación y la violencia.

Estos son solo algunos ejemplos de los dioses y diosas que se adoraban en la religión egipcia antes de Akhenatón. La religión egipcia era rica y compleja, con muchos dioses y diosas asociados con diferentes aspectos de la vida y la naturaleza. Cada ciudad o región de Egipto tenía sus propias deidades y cultos, lo que llevó a una gran diversidad en la práctica religiosa en todo el país.

Después del breve reinado de Akhenatón y su intento de establecer la religión monoteísta del Atenismo, Egipto regresó a la religión politeísta tradicional. Algunos de los dioses y diosas que se adoraban en la religión egipcia después de Akhenatón incluían:

- Amón: el dios de la creación, a veces adorado como la deidad suprema.
- Ptah: el dios de la creación y la artesanía.
- Hathor: la diosa del amor, la alegría y la belleza.
- Osiris: el dios de la vida después de la muerte y la resurrección.
- Isis: la diosa de la maternidad, la magia y la fertilidad.
- Horus: el dios del cielo y el protector del faraón.
- Anubis: el dios de los muertos y el embalsamador divino.
- Thoth: el dios de la sabiduría, la escritura y la magia.



La religión egipcia continuó evolucionando a lo largo del tiempo, y algunos dioses y diosas se volvieron más prominentes en diferentes períodos. Por ejemplo, durante el reinado de Ramsés II en la dinastía XIX, el dios Amón se convirtió en una figura central de la religión egipcia y se le conocía como Amón-Ra. Sin embargo, la adoración de muchos dioses y diosas diferentes era una característica constante de la religión egipcia a lo largo de su larga historia.

## 4.5.- Contribuciones de la historia de Egipto.

La historia de Egipto es una de las más antiguas y ricas del mundo, y ha dejado una huella indeleble en la cultura y el pensamiento humano.

A continuación se presentan algunas de las contribuciones más importantes que la historia de Egipto ha aportado al mundo:

1.- Escritura: el Antiguo Egipto fue una de las primeras civilizaciones en desarrollar un sistema de escritura complejo y sofisticado, que utilizaba jeroglíficos para representar ideas, sonidos y objetos. Este sistema de escritura ha sido estudiado y descifrado por los expertos, y ha permitido conocer mejor la cultura, la religión y la vida cotidiana de los antiguos egipcios.

2.- Arquitectura: la arquitectura egipcia es una de las más impresionantes y duraderas de la historia, y ha dejado monumentos como las pirámides, templos, obeliscos y tumbas que siguen siendo un testimonio de la grandeza y el ingenio de esta civilización.

3.- Matemáticas: los antiguos egipcios desarrollaron un sistema de numeración y de medidas que les permitió construir monumentos y realizar cálculos complejos. Por ejemplo, los egipcios usaban fracciones unitarias para representar los números, lo que les permitía hacer cálculos con mucha precisión.

4.- Medicina: los egipcios fueron pioneros en el campo de la medicina, y desarrollaron conocimientos avanzados en anatomía, cirugía y farmacología. Los textos médicos egipcios han sido estudiados por los expertos modernos y han ayudado a comprender mejor la evolución de la medicina a lo largo de la historia.

5.- Religión: la religión egipcia tuvo una gran influencia en el pensamiento y la cultura del mundo antiguo, y fue una de las primeras en desarrollar un sistema de creencias complejo y organizado. Los dioses egipcios eran representados con animales y objetos, y se creía que tenían poderes y atributos específicos que influían en la vida cotidiana de las personas.

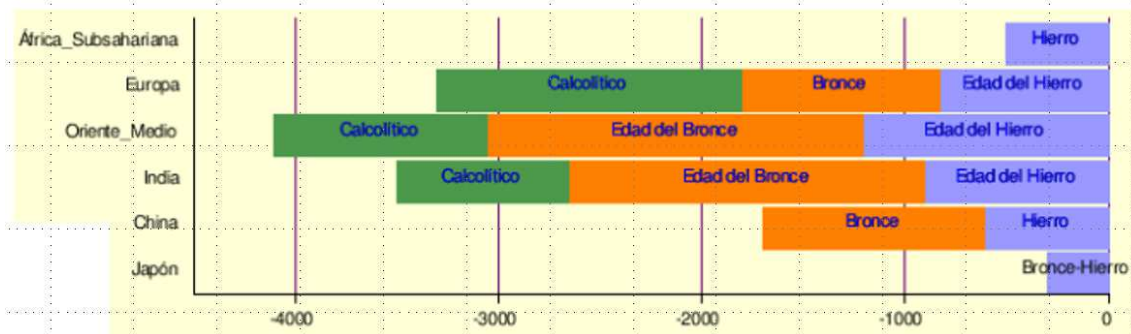
En resumen, la historia de Egipto ha aportado al mundo una rica herencia cultural, científica y espiritual, que sigue fascinando y sorprendiendo a expertos y curiosos por igual.





## 4.6.- Edad de los metales.

La Edad de los Metales es un período de la prehistoria que se caracteriza por el uso creciente y generalizado de los metales. Esta etapa se divide en tres períodos principales: la Edad del Cobre, la Edad del Bronce y la Edad del Hierro.



### 4.6.1.- Edad del cobre.

La Edad del Cobre se inició alrededor del 4500 a.C., cuando se descubrió que el cobre podía ser extraído y trabajado para crear herramientas y objetos. En esta época, el cobre se usaba principalmente para crear objetos decorativos y herramientas básicas. Los pueblos que vivían en el Oriente Medio, en la región conocida como Mesopotamia, fueron los primeros en descubrir el cobre y comenzar a utilizarlo en su vida cotidiana.



Durante la Edad del Cobre, la producción de cobre se realizaba mediante la técnica de fundición, que consistía en calentar el mineral de cobre a altas temperaturas en hornos especiales hasta que se fundía y se separaba de la escoria.

Para obtener el mineral de cobre, se realizaban trabajos de minería en las rocas que lo contenían. Una vez extraído, el mineral se trituraba y se mezclaba con carbón y otros materiales combustibles. Luego, se introducía la mezcla en hornos de arcilla con forma de campana, donde se calentaba hasta que el cobre se fundía y se separaba de la escoria.

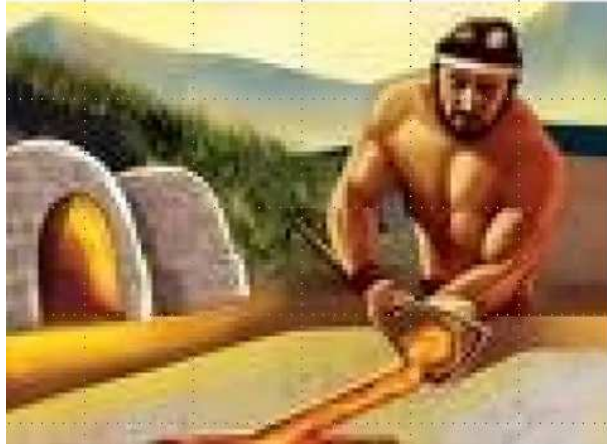
Una vez obtenido el cobre líquido, se vertía en moldes para darle forma y se dejaba enfriar. Los objetos de cobre resultantes, como herramientas, armas o joyas, se pulían y se adornaban mediante técnicas como el martillado y la incrustación de otros materiales.

En la Edad del Cobre, la temperatura necesaria para fundir el cobre se alcanzaba mediante el uso de hornos de fundición, de manera similar a como se hacía en la Edad del Bronce. Estos hornos eran construidos con arcilla o ladrillos y tenían una forma de campana con un orificio en la parte superior para insertar el combustible y una apertura en la parte inferior para extraer el metal fundido.

Para alcanzar la temperatura necesaria, se utilizaba como combustible carbón vegetal o leña, y se soplaba aire en el interior del horno con fuelles manuales o de pie para aumentar la intensidad del fuego. Los hornos eran alimentados con el mineral de cobre y el

combustible, y se calentaban durante varias horas hasta alcanzar la temperatura adecuada para la fundición del cobre.

Una vez que se alcanzaba la temperatura de fusión, el metal fundido era vertido a través del orificio inferior del horno en moldes previamente preparados. Una vez enfriado, el metal adquiría la forma deseada y se podía utilizar para fabricar herramientas, armas y otros objetos de cobre. El proceso de fundición del cobre fue un importante avance tecnológico en la historia de la humanidad,



permitiendo a las antiguas civilizaciones producir herramientas y objetos que eran más duraderos y efectivos que los fabricados con otros materiales disponibles.

La técnica de fundición del cobre fue mejorando con el tiempo y se desarrollaron nuevas técnicas y herramientas, lo que permitió la producción en masa de objetos de cobre y el comercio de este material con otras culturas y civilizaciones.

En la Edad del Cobre, los utensilios que se hacían principalmente eran herramientas y objetos para el uso diario, como:

- Hachas: se utilizaban para talar árboles y construir edificios y barcos.
- Cuchillos: se utilizaban para cortar alimentos y pieles.
- Espadas: se utilizaban como arma en la guerra y como símbolo de estatus en la sociedad.
- Joyas: se fabricaban en forma de collares, brazaletes, pendientes y anillos, y se usaban como símbolo de estatus y para adornar el cuerpo.
- Ollas y utensilios de cocina: se utilizaban para cocinar alimentos y para almacenar líquidos y alimentos.
- Objetos rituales: se fabricaban para uso religioso y ceremonial, como las estatuillas de dioses y amuletos.
- Herramientas agrícolas: se utilizaban para arar la tierra, sembrar y cosechar cultivos.

La producción de objetos de cobre permitió a las personas de la Edad del Cobre mejorar su calidad de vida y desarrollar nuevas tecnologías y habilidades. Además, la comercialización del cobre y de los objetos fabricados a partir de él se convirtió en una importante fuente de riqueza y comercio en la antigüedad.

#### **4.6.2.- Edad del Bronce**

La Edad del Bronce comenzó alrededor del 3000 a.C. cuando se descubrió que la adición de estaño al cobre producía un metal más fuerte y duradero. La aleación de cobre y estaño se utilizó para crear herramientas y objetos más sofisticados, como armas, joyas, utensilios y recipientes de almacenamiento. Los pueblos que vivían en el Mediterráneo y en Europa Central fueron los primeros en descubrir y utilizar la aleación de bronce.

En la Edad del Bronce, el bronce se obtenía a través de una técnica llamada aleación, que consistía en mezclar cobre y estaño en proporciones adecuadas para obtener una aleación más resistente y duradera que el cobre puro.

Para conseguir el cobre y el estaño, se realizaban trabajos de minería en las rocas que contenían estos minerales. Luego, el mineral era fundido en hornos especiales para separar el metal de la roca y obtener lingotes de cobre y estaño.

Una vez que se tenía el cobre y el estaño, se mezclaban en la proporción adecuada y se fundían juntos en un horno para obtener la aleación de bronce. Dependiendo de la cantidad de estaño en la aleación, se obtenían diferentes tipos de bronce, cada uno con propiedades y características específicas.

El bronce se utilizaba para fabricar una variedad de objetos, desde herramientas y armas hasta objetos de decoración y joyería. La producción de bronce fue un avance importante en la Edad del Bronce, ya que permitió a las personas crear objetos más duraderos y resistentes que el cobre puro, lo que impulsó el desarrollo de la tecnología y el comercio en la antigüedad.

En la Edad del Bronce, la temperatura necesaria para fundir metales como el cobre y el bronce se alcanzaba mediante el uso de hornos de fundición. Estos hornos eran construidos con arcilla o ladrillos y tenían un orificio en la parte superior para insertar el combustible y un orificio en la parte inferior para extraer el metal fundido.

Para alcanzar la temperatura necesaria, se utilizaba como combustible carbón vegetal o leña, y se soplaban aire en el interior del horno con fuelles manuales para aumentar la intensidad del fuego. Los hornos eran alimentados con el combustible y el mineral a fundir, y se calentaban durante varias horas hasta alcanzar la temperatura adecuada para la fundición del metal.

Una vez que se alcanzaba la temperatura de fusión, el metal fundido era vertido a través del orificio inferior del horno en moldes previamente preparados. Una vez enfriado, el metal adquiría la forma deseada y se podía utilizar para fabricar herramientas, armas, joyas y otros objetos de bronce y cobre.

En la Edad del Bronce, se fabricaban una amplia variedad de utensilios y objetos, incluyendo:

- Herramientas agrícolas: como arados, hoces, azadones y rastrillos, que se utilizaban para arar, sembrar y cosechar cultivos.
- Armas: como espadas, lanzas y hachas, que se utilizaban en la guerra y para la caza.
- Utensilios de cocina: como ollas, cazuelas, platos y jarras, que se utilizaban para cocinar y servir alimentos.
- Joyas: como anillos, brazaletes, collares y pendientes, que se utilizaban como adornos personales y como símbolos de estatus.
- Herramientas y objetos de trabajo: como martillos, tenazas, cinceles, tijeras y llaves, que se utilizaban en diversas profesiones y oficios.
- Esculturas y objetos rituales: como estatuas de dioses, objetos funerarios y amuletos, que se utilizaban en ceremonias religiosas y en la vida después de la muerte.

La fabricación de objetos de bronce permitió a las personas de la Edad del Bronce desarrollar herramientas más duraderas y resistentes, lo que les permitió mejorar su calidad de vida y desarrollar nuevas tecnologías y habilidades. Además, la producción de objetos de bronce se convirtió en una importante fuente de riqueza y comercio en la antigüedad.

### 4.6.3.- Edad del hierro.



La Edad del Hierro comenzó alrededor del 1200 a.C. cuando se descubrió que el hierro podía ser extraído y trabajado para crear herramientas y armas más resistentes y duraderas que las de cobre o bronce. El uso del hierro se expandió rápidamente y se convirtió en el metal más utilizado en el mundo antiguo. La Edad del Hierro se divide en dos períodos principales: la Edad del Hierro I y la Edad del Hierro II.

En la Edad del Hierro, el hierro se extraía de los minerales de hierro mediante el proceso de fundición. Los minerales de hierro se encuentran en la naturaleza en forma de óxidos y sulfuros. Para obtener el hierro, primero se tenía que extraer el mineral de hierro de la tierra y luego se lo procesaba mediante la fundición.

El proceso de fundición implicaba la creación de un horno especial en el que se calentaba el mineral de hierro junto con carbón vegetal y/o coque para producir hierro líquido. El hierro líquido se recogía en moldes y se dejaba enfriar, formando así bloques sólidos de hierro. Posteriormente, estos bloques se martillaban y se forjaban para darles forma y hacer herramientas, armas y otros objetos.

En la Edad del Hierro, la temperatura necesaria para fundir el hierro se alcanzaba mediante el uso de hornos de fundición de tipo alto horno. Estos hornos eran construidos con piedras, ladrillos y arcilla refractaria, y eran mucho más grandes y complejos que los hornos utilizados en la Edad del Bronce y del Cobre.

El proceso de fundición del hierro en un alto horno implicaba la fusión del mineral de hierro en un ambiente de alta temperatura y rico en oxígeno. El mineral de hierro se trituraba y mezclaba con carbón y otros materiales, como caliza o dolomita, que ayudaban a eliminar impurezas del metal fundido.

El combustible utilizado en el alto horno era principalmente carbón vegetal, aunque también se usaba coque y otros materiales combustibles. El aire era soplado en el horno mediante grandes fuelles accionados por agua o vapor, lo que permitía aumentar la intensidad del fuego y mantener una temperatura lo suficientemente alta como para fundir el hierro.

Una vez que el mineral de hierro se fundía en el horno, el metal fundido era extraído a través de una abertura inferior y vertido en moldes para crear piezas de hierro. Este proceso requería una gran cantidad de combustible y mano de obra, y era más complicado que la fundición de bronce y cobre. Sin embargo, el hierro era un material más resistente y duradero que el bronce y el cobre, lo que lo hacía especialmente útil para la fabricación de herramientas, armas y otros objetos.

La extracción y procesamiento del hierro era un proceso más difícil y laborioso que la producción de bronce. El hierro se fundía a temperaturas mucho más altas que el bronce, lo que requería un horno más grande y una mayor cantidad de combustible. Además, el hierro es más difícil de trabajar que el bronce, ya que es más duro y quebradizo. Sin embargo, el hierro era más abundante en la naturaleza que el cobre y el estaño, los principales componentes del bronce, lo que lo hacía más accesible y menos costoso en la Edad del Hierro.







Esta daga es conocida como la "daga de Tutankamón". Se cree que la daga fue colocada en su tumba como parte de su ajuar funerario, para que el faraón pudiera defenderse en el más allá.

En cuanto a quién dejó la daga en la tumba, es difícil saberlo con certeza. Se sabe que la tumba fue saqueada en la antigüedad, por lo que algunos de los objetos funerarios pueden haber sido alterados o reubicados por los saqueadores. Sin embargo, se cree que la daga fue colocada en la tumba por los antiguos egipcios que prepararon la tumba para Tutankamón, probablemente sus cortesanos y sacerdotes, quienes habrían seleccionado los objetos funerarios adecuados para su rey fallecido.

La daga de Tutankamón es una de las piezas más impresionantes del tesoro que se encontró en su tumba en el Valle de los Reyes en Egipto. Se cree que la daga fue creada alrededor del año 1350 a.C. y es de estilo egipcio, aunque su origen exacto es desconocido.

La daga de Tutankamón también tiene una empuñadura adornada con oro, electrum (una aleación de oro y plata) y vidrio coloreado, con una imagen de un buitre en la parte superior, lo que sugiere que la daga pudo haber sido un símbolo de autoridad o una herramienta ceremonial utilizada en rituales religiosos.

Se ha determinado que la hoja de la daga de Tutankamón está hecha de hierro meteorítico a través de análisis científicos y pruebas químicas. Estos análisis se llevaron a cabo en 2016 por un equipo internacional de investigadores de la Universidad de Pisa, en Italia, y de la Universidad de El Cairo, en Egipto.

Los científicos utilizaron técnicas de espectroscopia de fluorescencia de rayos X y espectrometría de masas para analizar la composición química de la hoja de la daga. Encontraron que la hoja contiene altos niveles de níquel y cobalto, así como rastros de otros elementos como hierro, azufre y fósforo.

Los altos niveles de níquel y cobalto en la hoja de la daga son una clara indicación de que se trata de hierro meteorítico, ya que estos elementos son comunes en los meteoritos de hierro. Además, la presencia de ciertos compuestos químicos en la hoja, como el schreibersita y el troilita, también sugiere que el hierro proviene de un meteorito.

Esta composición se analizó casi 100 años más tarde, con análisis químicos no destructivos, como es el espectrómetro de fluorescencia de rayos X.

En resumen, el análisis químico y espectroscópico de la hoja de la daga de Tutankamón ha demostrado de manera concluyente que está hecha de hierro meteorítico, lo que la convierte en una pieza excepcionalmente rara y valiosa del antiguo Egipto.

## 5.- Modelos atómicos.

Para poder entender el funcionamiento de espectrómetro de fluorescencia de rayos X, es necesario saber que todos los materiales están compuestos por átomos, que son las unidades básicas de la materia.

Cada tipo de material está formado por átomos de diferentes elementos químicos, que se unen mediante enlaces químicos para formar moléculas o cristales. Los elementos químicos son sustancias puras que consisten en un solo tipo de átomo, y hay alrededor de 118 elementos conocidos en la tabla periódica.

Algunos de los modelos atómicos más importantes son:

- Modelo atómico de Dalton: propuesto por John Dalton en 1803, este modelo afirmaba que los átomos eran esferas sólidas e indivisibles que representaban los elementos químicos. Según este modelo, los átomos de diferentes elementos tenían diferentes masas y propiedades.
- Modelo atómico de Thomson: propuesto por J.J. Thomson en 1897, este modelo describía a los átomos como una esfera de carga positiva con electrones incrustados en ella. Esta teoría se conoce como el modelo del "pastel de pasas".
- Modelo atómico de Rutherford: propuesto por Ernest Rutherford en 1911, este modelo postulaba que los átomos tenían un núcleo central positivo rodeado por electrones que orbitaban a su alrededor. Este modelo también sugiere que la mayor parte del átomo es espacio vacío.
- Modelo atómico de Bohr: propuesto por Niels Bohr en 1913, este modelo describía a los electrones orbitando alrededor del núcleo en órbitas estables y cuantizadas. Según este modelo, los electrones podían saltar de una órbita a otra emitiendo o absorbiendo energía.
- Modelo atómico actual: el modelo atómico actual es una combinación de varias teorías y se basa en la mecánica cuántica. Según este modelo, los electrones se distribuyen en nubes de probabilidad alrededor del núcleo y tienen propiedades de onda y partícula.

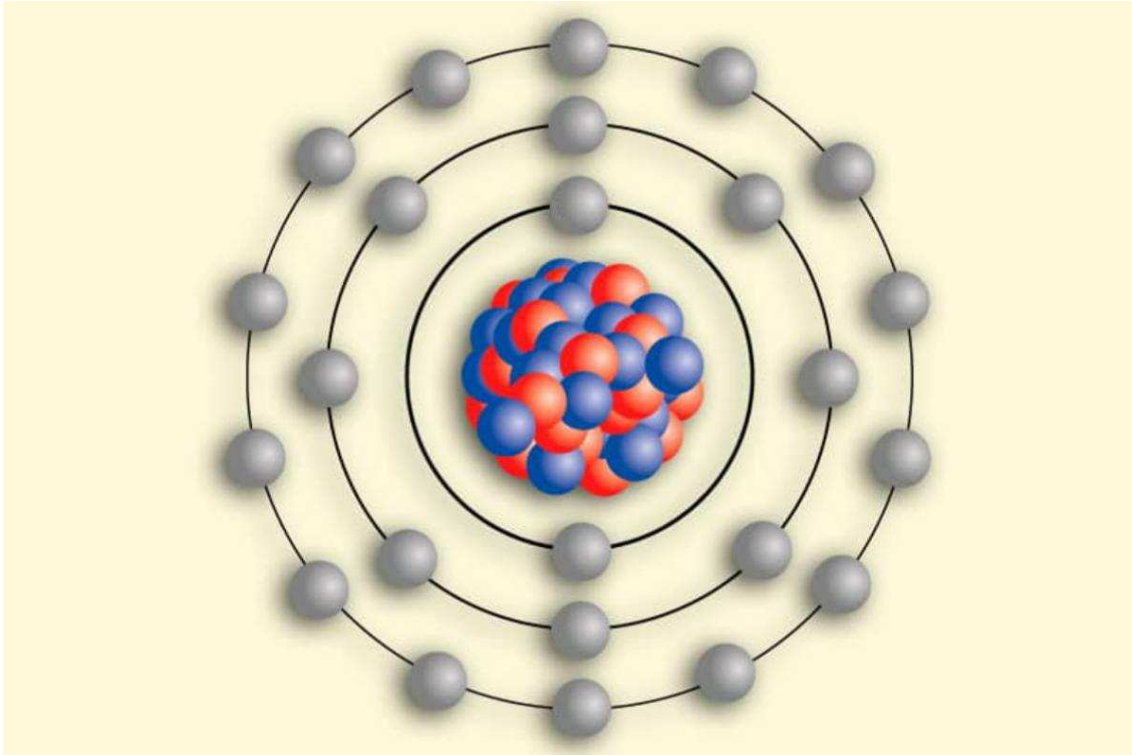
El modelo atómico es una teoría que ha evolucionado a lo largo de la historia a medida que se han descubierto nuevas evidencias experimentales. Cada modelo atómico ha contribuido a nuestra comprensión de la estructura interna de los átomos y ha permitido avances significativos en la química, la física y otros campos científicos.

El modelo atómico de Bohr, propuesto por Niels Bohr en 1913, fue una de las teorías más influyentes en la física cuántica y en la comprensión de la estructura atómica. Este modelo describía a los electrones orbitando alrededor del núcleo en órbitas estables y cuantizadas, en las cuales no perdían energía.

Según el modelo de Bohr, los electrones ocupaban niveles de energía específicos, conocidos como "órbitas", y podían saltar de una órbita a otra emitiendo o absorbiendo energía en forma de fotones. En este modelo, la energía de un electrón estaba relacionada con la distancia a la que se encontraba del núcleo, de tal forma que los electrones en órbitas más alejadas del núcleo tenían más energía que los electrones en órbitas más cercanas.

Bohr también estableció que la cantidad de energía absorbida o emitida cuando un electrón saltaba de una órbita a otra era igual a la diferencia de energía entre ambas órbitas. Esta teoría permitió explicar fenómenos como el espectro de emisión del hidrógeno, que había sido un enigma para los físicos de la época.

A pesar de que el modelo de Bohr presentó importantes avances en la comprensión de la estructura atómica, con el tiempo se descubrió que no era suficiente para explicar todos los fenómenos observados en la naturaleza. En la actualidad, el modelo atómico se basa en la mecánica cuántica y en la teoría de las funciones de onda, y ha permitido una comprensión más profunda y precisa de la estructura y propiedades de los átomos.



Los materiales, por tanto, pueden clasificarse en diferentes categorías en función de sus propiedades y composición química.

Por ejemplo, algunos de los materiales más comunes son:

- Metales: son materiales que tienen una alta conductividad eléctrica y térmica, y suelen ser sólidos a temperatura ambiente. Algunos ejemplos de metales son el hierro, el cobre, el aluminio, el oro y la plata.
- Polímeros: son materiales que consisten en moléculas grandes formadas por la unión de muchas moléculas más pequeñas llamadas monómeros. Los polímeros pueden ser tanto sintéticos (como el polietileno y el poliéster) como naturales (como el ADN y la celulosa).
- Cerámicas: son materiales inorgánicos no metálicos que suelen ser frágiles y quebradizos, pero que pueden tener propiedades como la resistencia al calor y la dureza. Algunos ejemplos de cerámicas son la porcelana, el vidrio y el óxido de aluminio.
- Compuestos orgánicos: son materiales que contienen carbono, y pueden incluir moléculas como los hidrocarburos (como el petróleo y el gas natural) y los compuestos orgánicos sintéticos (como los plásticos y los pesticidas).
- Materiales compuestos: son materiales que están formados por dos o más materiales diferentes, que se combinan para obtener propiedades específicas. Un ejemplo común de un material compuesto es la fibra de vidrio, que está formada por una matriz de plástico reforzada con fibras de vidrio.



## 6.- Espectrómetro de fluorescencia de rayos X

El espectro de fluorescencia de rayos X (XRF) es una técnica analítica utilizada para determinar la composición elemental de un material.

Es un instrumento que se utiliza para analizar la composición química de muestras sólidas o líquidas. El principio básico detrás de la espectroscopia de fluorescencia de rayos X es que los rayos X de alta energía golpean una muestra, lo que hace que los electrones de los átomos de la muestra sean excitados y expulsados de su estado normal. Cuando estos electrones excitados vuelven a sus estados normales, emiten rayos X de baja energía, que son específicos de los elementos químicos en la muestra.



El espectrómetro de fluorescencia de rayos X consta de tres partes principales:

- Una fuente de rayos X
- Un detector
- Un sistema de procesamiento de señales.

En términos simples, el espectro de fluorescencia de rayos X funciona de la siguiente manera:

1. Un rayo X de alta energía se dirige hacia el material que se va a analizar.
2. Los rayos X interactúan con los átomos del material y provocan que los electrones de los átomos se exciten y salten a niveles de energía superiores.
3. Cuando los electrones excitados regresan a su nivel de energía original, emiten fotones de energía de rayos X de menor energía.
4. Estos fotones de energía de rayos X son detectados por un detector de fluorescencia de rayos X y se convierten en una señal eléctrica.
5. La señal eléctrica se convierte en un espectro que muestra los diferentes picos de energía de los fotones de rayos X emitidos por los átomos del material analizado.

Cada pico de energía en el espectro corresponde a un átomo o elemento específico presente en el material. Al comparar los picos de energía del espectro con una biblioteca de espectros de elementos conocidos, se puede determinar la composición elemental del material.

El espectro de fluorescencia de rayos X es una técnica no destructiva y se puede usar para analizar materiales sólidos, líquidos y gaseosos. Es una herramienta analítica ampliamente utilizada en la industria, la arqueología, la geología, la ciencia de los materiales y otros campos de investigación.

El espectrómetro de fluorescencia de rayos X es una herramienta muy útil para analizar la composición química de muestras sólidas o líquidas, ya que puede proporcionar información precisa y rápida sobre la presencia y la cantidad de diferentes elementos químicos en una muestra. Este tipo de instrumento se utiliza ampliamente en una variedad de campos, incluyendo la arqueología, la geología, la química y la metalurgia.

Albert Jambon es un geólogo y geoquímico francés que realizó un análisis científico de la daga encontrada en las envolturas de la momia de Tutankamón en 1922. Jambon utilizó un espectrómetro de fluorescencia de rayos X para analizar la composición de la daga y determinó que estaba hecha de un meteorito de hierro.

Este hallazgo fue significativo porque proporcionó evidencia del uso de hierro meteórico en el antiguo Egipto, y también destacó el conocimiento metalúrgico avanzado de los egipcios.

El trabajo de Jambon sobre la daga de Tutankamón se considera un hito en el campo de la arqueometalurgia.

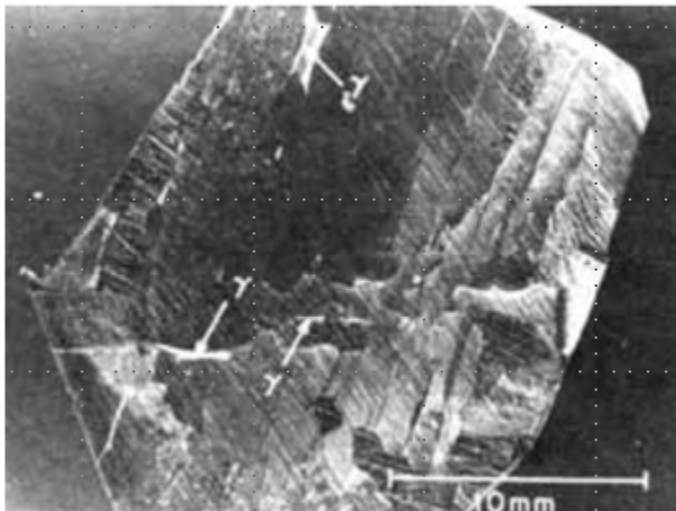
## 7.- Meteoritos.

La metalografía es una técnica que se utiliza para estudiar la estructura interna de los metales y aleaciones. En el caso de un fragmento de meteorito, la metalografía puede proporcionar información valiosa sobre la composición y la historia del objeto.

El primer paso en el análisis metalográfico de un fragmento de meteorito es la preparación de una muestra adecuada. Esto implica cortar una sección transversal del fragmento y montarla en una muestra para su examen microscópico.

A continuación, se puede llevar a cabo un examen visual utilizando un microscopio óptico para examinar la estructura del metal. El meteorito puede tener una estructura cristalina característica, lo que puede proporcionar información sobre su formación y enfriamiento. También se pueden identificar inclusiones de otros materiales dentro del metal, como minerales o sulfuros.

Para un examen más detallado, se puede utilizar un microscopio electrónico de barrido o transmisión para obtener imágenes de alta resolución de la estructura del metal. Esto puede proporcionar información sobre la presencia de elementos como el níquel o el hierro, que son comunes en los meteoritos.



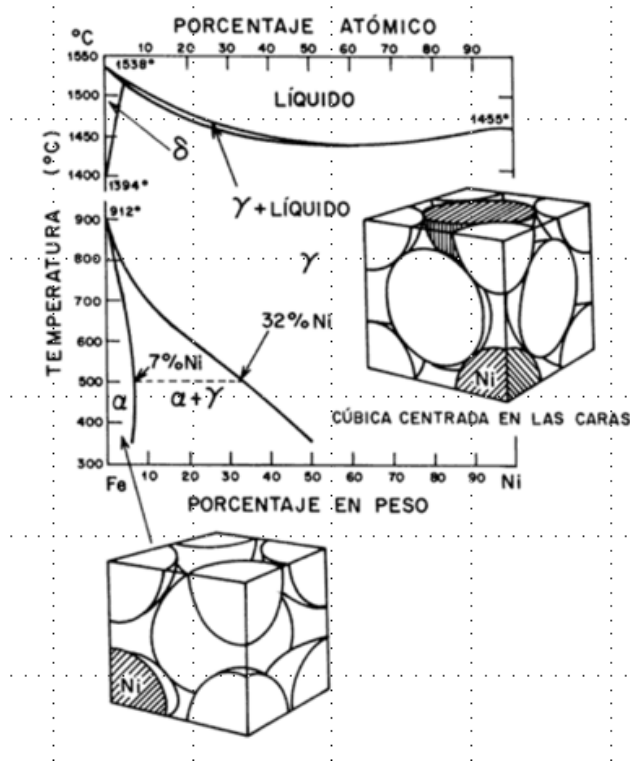
Además de la metalografía, otros análisis químicos y físicos pueden ayudar a identificar la composición y la estructura del meteorito, incluyendo la espectroscopía de emisión, la espectrometría de masas y la difracción de rayos X. En conjunto, estos análisis pueden proporcionar información valiosa

sobre la historia y la composición de los meteoritos.

La ferrita y la austenita son dos fases de la estructura cristalina del hierro que pueden estar presentes en los meteoritos, dependiendo de su composición y proceso de formación.

La ferrita es una fase de hierro alfa ( $\alpha$ -Fe), que tiene una estructura cristalina cúbica centrada en el cuerpo (BCC). Es suave, dúctil y magnética a temperatura ambiente. La ferrita es estable a temperaturas por debajo de los 768 °C.

La austenita es una fase de hierro gamma ( $\gamma$ -Fe), que tiene una estructura cristalina cúbica centrada en las caras (FCC). Es dura, tenaz y no magnética a temperatura ambiente. La austenita es estable a temperaturas por encima de los 912 °C.



En los meteoritos, la ferrita y la austenita pueden estar presentes en diferentes proporciones dependiendo de su composición y proceso de formación. Por ejemplo, en los meteoritos de hierro, la ferrita puede ser la fase dominante, mientras que en los meteoritos de hierro-níquel, la austenita puede ser más común.

La presencia de ferrita y austenita en los meteoritos puede proporcionar información valiosa sobre su proceso de formación y enfriamiento. Por ejemplo, la presencia de una mezcla de ferrita y austenita sugiere que el meteorito fue sometido a un proceso de enfriamiento lento, mientras que una estructura completamente austenítica puede indicar un enfriamiento más rápido. Además, la

presencia de inclusiones de otros minerales en la ferrita y la austenita puede proporcionar información sobre las condiciones de formación y la historia térmica del meteorito.

La palabra "siderurgia" proviene del griego "sideros", que significa hierro, y "ergon", que significa trabajo. La siderurgia se refiere al conjunto de técnicas y procesos utilizados para la producción y el tratamiento del hierro y otros metales.

La conexión entre la siderurgia y la palabra "sideral" se debe al hecho de que muchos de los metales utilizados en la siderurgia se pueden encontrar en cuerpos celestes como asteroides y meteoritos. La palabra "sideral" proviene del latín "sidus", que significa estrella, y se refiere a todo lo relacionado con los astros y las estrellas.

La conexión entre la siderurgia y la palabra "sideral" se hace más evidente en el contexto de la minería espacial y la exploración de recursos minerales en el espacio. La idea de extraer y procesar metales de cuerpos celestes como asteroides y meteoritos para su uso en la Tierra o en la construcción de estructuras y equipos espaciales se ha denominado "siderurgia sideral".

En resumen, la conexión entre la siderurgia y la palabra "sideral" se debe a la posibilidad de extraer y procesar metales y minerales de cuerpos celestes para su uso en la siderurgia, y en la producción y construcción de estructuras y equipos espaciales.

## 8.- Temperaturas de fusión del hierro.

La temperatura de fusión del hierro terrestre y del hierro meteorítico es bastante similar, aunque puede haber ligeras variaciones debido a las impurezas y a la composición química específica de cada muestra.

La temperatura de fusión del hierro terrestre se encuentra alrededor de los 1538 grados Celsius, mientras que la temperatura de fusión del hierro meteorítico se encuentra alrededor de los 1500 grados Celsius. Sin embargo, los meteoritos que contienen hierro

también pueden contener otros metales y minerales que tienen diferentes puntos de fusión, lo que puede afectar la temperatura a la que se funde el hierro en el meteorito.

La temperatura de fusión del hierro meteorítico puede ser ligeramente menor que la del hierro terrestre debido a las diferentes condiciones a las que han estado sometidos. Los meteoritos que contienen hierro se originan en el espacio, donde la gravedad es mucho menor que en la Tierra, y están expuestos a condiciones ambientales diferentes a las de nuestro planeta.

Es posible que algunos de los meteoritos hayan experimentado una rápida fusión y enfriamiento durante su formación, lo que puede haber afectado la composición química del hierro y, por lo tanto, su punto de fusión. Además, los meteoritos también pueden contener impurezas y otros elementos que pueden influir en la temperatura de fusión del hierro.

Esta diferencia en la temperatura de fusión del hierro meteorítico y terrestre explicaría cómo se pudo forjar hierro en la edad del cobre, como es el caso de la daga de Tutankamón.

## **9.- Acero.**

El acero es una aleación de hierro y carbono que también puede contener otros elementos de aleación como manganeso, níquel, cromo, vanadio, molibdeno y otros.

La historia del acero se remonta a la Edad del Hierro, alrededor del 1200 a.C., cuando las técnicas para producir hierro fundido se desarrollaron en la India y el Oriente Medio. Durante siglos, el hierro fue el material más utilizado en la fabricación de armas, herramientas y otros objetos.

La producción de acero como una aleación de hierro y carbono se remonta a la antigua India, donde se utilizaban carbones de madera para producir acero mediante el proceso de cementación. Sin embargo, la producción a gran escala de acero no comenzó hasta la Revolución Industrial en el siglo XVIII.

Uno de los hitos más importantes en la historia del acero fue la invención del horno de pudelado por parte de Henry Cort en 1784. Este horno permitía producir acero en grandes cantidades a partir de hierro fundido, eliminando las impurezas y ajustando la cantidad de carbono en la aleación.

La pudelación es un antiguo proceso metalúrgico utilizado para afinar la fundición de hierro, desarrollado a partir de finales del siglo XVIII en Gran Bretaña. Consistía en descarburar el arrabio obtenido de los altos hornos en un horno de reverbero usando escoria oxidante.

A medida que se desarrollaron nuevos procesos y técnicas, la producción de acero se expandió y se convirtió en un ingrediente esencial en la construcción de infraestructuras y maquinarias. A finales del siglo XIX, la producción de acero había alcanzado niveles sin precedentes, especialmente en países como los Estados Unidos y Alemania.

Hoy en día, el acero es uno de los materiales más utilizados en todo el mundo, gracias a sus propiedades mecánicas, durabilidad, resistencia y versatilidad. Se utiliza en la construcción de edificios, puentes, infraestructuras, maquinaria, herramientas, automóviles, electrodomésticos, entre otros productos.



El acero es un material muy versátil que se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, desde la construcción y la fabricación de maquinaria hasta la industria del automóvil y la aeroespacial.

El contenido de carbono en el acero puede variar desde menos del 0,1% hasta alrededor del 2%. El contenido de carbono influye en las propiedades del acero, como su resistencia y dureza. El acero con un contenido de carbono más alto tiende a ser más duro y resistente, pero también es más quebradizo. El acero con un contenido de carbono más bajo es más dúctil y fácil de trabajar.

El acero se produce a través de un proceso llamado "siderurgia", que implica la fusión de los ingredientes de la aleación en un horno y su posterior enfriamiento y procesamiento en diferentes formas. La producción de acero puede implicar la adición de otros elementos de aleación para mejorar sus propiedades, así como la eliminación de impurezas.

Hay muchos tipos diferentes de acero, cada uno con diferentes propiedades y aplicaciones. Por ejemplo, el acero inoxidable es un tipo de acero que contiene cromo y otros elementos de aleación para hacerlo resistente a la corrosión. El acero al carbono se utiliza comúnmente en la construcción y la fabricación de maquinaria debido a su resistencia y durabilidad.

En resumen, el acero es una aleación de hierro y carbono que se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones debido a su versatilidad, resistencia y durabilidad. El proceso de producción de acero implica la fusión y procesamiento de los ingredientes de la aleación en diferentes formas, y puede implicar la adición de otros elementos de aleación para mejorar sus propiedades.

El hierro y el acero son dos materiales relacionados pero diferentes. El hierro es un elemento químico que se encuentra en la naturaleza en forma de mineral de hierro, que se puede extraer y procesar para producir hierro fundido. El hierro fundido es una aleación de hierro, carbono y otros elementos de aleación, pero tiene un contenido de carbono más alto que el acero.

Por otro lado, el acero es una aleación de hierro y carbono, y también puede contener otros elementos de aleación como manganeso, níquel, cromo y otros. El acero tiene un contenido de carbono más bajo que el hierro fundido y es más versátil y fácil de trabajar. El acero se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, desde la construcción y la fabricación de maquinaria hasta la industria del automóvil y la aeroespacial.

En cuanto a las propiedades, el hierro fundido es más duro y más quebradizo que el acero debido a su alto contenido de carbono. El acero, por otro lado, es más dúctil y fácil de trabajar, lo que lo hace más adecuado para una amplia variedad de aplicaciones. El acero también puede ser tratado térmicamente para mejorar sus propiedades, como la dureza, la resistencia y la tenacidad.

En resumen, mientras que el hierro es un elemento químico y el hierro fundido es una aleación de hierro y carbono con un contenido de carbono más alto, el acero es una aleación de hierro y carbono con un contenido de carbono más bajo y otros elementos de aleación. El acero es más versátil y fácil de trabajar que el hierro fundido, y se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones debido a sus propiedades mejoradas.

## 9.1.- Propiedades del Acero.

Las propiedades del acero pueden variar según el tipo específico de acero utilizado.

Algunas de sus propiedades son:

- Alta resistencia y dureza: El acero es conocido por su alta resistencia y dureza. Esto lo hace ideal para su uso en aplicaciones donde se necesita un material fuerte y duradero.
- Maleabilidad: El acero es un material maleable, lo que significa que puede ser moldeado y formado en diferentes formas sin romperse.
- Tenacidad: El acero es un material tenaz, lo que significa que puede soportar grandes fuerzas de impacto sin fracturarse.
- Resistencia a la corrosión: Muchos tipos de acero tienen una buena resistencia a la corrosión, lo que los hace ideales para su uso en entornos donde se requiere un material resistente a la oxidación y la corrosión.
- Conductividad térmica: El acero es un buen conductor de calor, lo que lo hace útil en aplicaciones donde se requiere una transferencia de calor rápida y eficiente.
- Conductividad eléctrica: El acero también es un buen conductor de electricidad, lo que lo hace ideal para su uso en aplicaciones eléctricas y electrónicas.
- Bajo costo: El acero es un material relativamente económico y se utiliza ampliamente en la construcción, la fabricación y otras aplicaciones debido a su disponibilidad y bajo costo.

## 9.2.- Metalurgia del acero

La metalurgia es la rama de la ingeniería que se ocupa de la extracción, refinación, procesamiento y producción de metales y aleaciones. Es una disciplina que se encarga de estudiar las propiedades de los metales y su comportamiento en distintas condiciones, con el objetivo de obtener productos y materiales metálicos con las propiedades deseadas.

La metalurgia abarca diferentes procesos y técnicas, como la fundición, la forja, la laminación, la extrusión, la soldadura y la galvanización, entre otros. Estos procesos se utilizan para dar forma y transformar los metales en productos finales, como estructuras, piezas de maquinaria, herramientas, electrodomésticos, vehículos, entre otros. La metalurgia también se encarga de la investigación y desarrollo de nuevos materiales y aleaciones metálicas, para mejorar las propiedades y rendimiento de los productos finales.

La metalurgia del acero se refiere al conjunto de procesos y técnicas utilizados para producir acero a partir de materias primas como mineral de hierro, coque y caliza. Los procesos de metalurgia del acero implican la transformación de los materiales en bruto en productos de acero de alta calidad mediante el control de factores como la composición química, la temperatura, el tiempo y la presión.

La metalurgia del acero incluye varios procesos, algunos de los cuales son:

- Producción de hierro y acero crudo: esto se logra a través de procesos como el alto horno, el horno de cubilote y el horno eléctrico.
- Ajuste de la composición química: se añaden aleaciones o aditivos al hierro y al acero crudo para ajustar su composición química y mejorar sus propiedades.
- Fundición y colada: el hierro y el acero crudo se funden y se vierten en moldes para producir productos de acero con diferentes formas y tamaños.
- Tratamiento térmico: el acero se somete a altas temperaturas para mejorar su dureza, tenacidad, resistencia a la corrosión y otras propiedades.

- Forjado: el acero se calienta y se moldea mediante procesos de martilleo para producir productos de acero con formas específicas.
- Soldadura: se unen piezas de acero mediante procesos de soldadura, como la soldadura por arco, la soldadura de gas y la soldadura por fricción.
- Recubrimiento y acabado: el acero se recubre con metales, pinturas y otros materiales para protegerlo de la corrosión y mejorar su apariencia.

Cada uno de estos procesos es importante para la producción de acero de alta calidad. La metalurgia del acero ha evolucionado a lo largo de los años con el desarrollo de nuevas tecnologías y métodos, lo que ha permitido la producción de acero en grandes cantidades y con una calidad y consistencia cada vez mayores.

### 9.3.- El convertidor Bessemer

El convertidor Bessemer es un dispositivo utilizado para producir acero a gran escala mediante el proceso de soplado de aire en hierro fundido. Fue inventado por el ingeniero británico Henry Bessemer en la década de 1850 y fue uno de los avances más importantes en la producción de acero de la época.

El proceso de Bessemer se basaba en la eliminación de las impurezas del hierro fundido mediante la oxidación del carbono y otras impurezas mediante el soplado de aire comprimido a través del metal fundido en un convertidor. El aire caliente oxidaba el carbono y otras impurezas, lo que producía una gran cantidad de calor y reducía la cantidad de carbono en la aleación.



Convertidor Bessemer, Kelham Island Museum, Sheffield, Inglaterra (2002).

El proceso de Bessemer permitió la producción en masa de acero a un costo significativamente menor que los métodos tradicionales, como el pudelado. La introducción del convertidor Bessemer revolucionó la industria del acero, permitiendo la producción en masa de acero para la construcción de puentes, barcos, rieles de ferrocarril y otros productos de acero.

A pesar de su éxito inicial, el proceso de Bessemer tenía algunas limitaciones, como la dificultad para controlar la cantidad de carbono y otros elementos en la aleación de acero, lo que a menudo resultaba en una variación en la calidad del producto. Con el tiempo, los avances en la tecnología y los nuevos procesos, como el proceso de Thomas, reemplazaron al convertidor Bessemer en la producción de acero. Aun así, el proceso de Bessemer fue un hito importante en la historia del acero y sentó las bases para la producción en masa de acero moderna.

El proceso comienza cargando hierro fundido en el convertidor. Luego, se voltea el convertidor para que su boca quede hacia arriba y se inyecta aire comprimido a alta velocidad a través de una serie de toberas en la parte inferior del convertidor. El aire caliente se oxida con el carbono y otras impurezas, lo que produce una gran cantidad de calor y reduce la cantidad de carbono en la aleación.

Durante el proceso, el convertidor debe ser inclinado hacia adelante y hacia atrás varias veces para asegurarse de que el aire se distribuya uniformemente en el hierro fundido. La oxidación y el soplado de aire deben ser controlados cuidadosamente para garantizar que la cantidad adecuada de impurezas se elimine y que la cantidad correcta de carbono y otros elementos se queden en la aleación.

Una vez que se alcanza el nivel de carbono deseado, se detiene el soplado de aire y se agrega una cantidad precisa de ferroaleaciones o chatarra de acero para ajustar la composición química de la aleación. El convertidor se voltea de nuevo para vaciar el acero líquido en lingotes o moldes, donde se enfría y solidifica en su forma final.

El proceso del convertidor Bessemer consta de varias fases, que son:

- 1.- Carga del hierro fundido: se carga el hierro fundido en el convertidor.
- 2.- Soplado de aire: se voltea el convertidor para que su boca quede hacia arriba y se inyecta aire comprimido a alta velocidad a través de una serie de toberas en la parte inferior del convertidor. El aire caliente se oxida con el carbono y otras impurezas, lo que produce una gran cantidad de calor y reduce la cantidad de carbono en la aleación.
- 3.- Inclinación y agitación: durante el proceso, el convertidor debe ser inclinado hacia adelante y hacia atrás varias veces para asegurarse de que el aire se distribuya uniformemente en el hierro fundido.
- 4.- Adición de ferroaleaciones o chatarra de acero: una vez que se alcanza el nivel de carbono deseado, se detiene el soplado de aire y se agrega una cantidad precisa de ferroaleaciones o chatarra de acero para ajustar la composición química de la aleación.
- 5.- Desmoldeo: el convertidor se voltea de nuevo para vaciar el acero líquido en lingotes o moldes, donde se enfría y solidifica en su forma final.

Cada fase del proceso es importante para garantizar que la cantidad adecuada de impurezas se elimine y que la cantidad correcta de carbono y otros elementos se queden en la aleación. Si alguna de estas fases se realiza incorrectamente, la calidad del acero resultante puede verse afectada.

## 10.- Durezas

En términos de dureza, el acero es más duro que el cobre y el bronce. A continuación, se proporciona algunos detalles sobre cada uno de estos materiales:

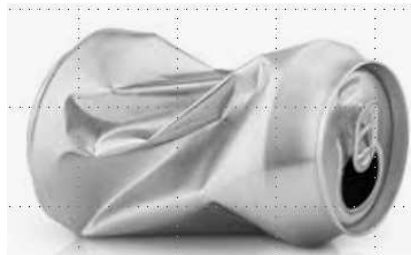
- Cobre: es un metal relativamente suave con una dureza de alrededor de 2,5 en la escala de Mohs, que es una escala utilizada para medir la dureza de los minerales. El cobre es fácilmente maleable y se utiliza a menudo en aplicaciones donde la ductilidad y la conductividad eléctrica son importantes.
- Bronce: es una aleación que se produce mediante la mezcla de cobre y otro metal, generalmente estaño. El bronce es más duro que el cobre, con una dureza de alrededor de 3-3,5 en la escala de Mohs. El bronce también tiene una mayor resistencia a la corrosión que el cobre y se utiliza comúnmente en aplicaciones donde se requiere una mayor resistencia mecánica.
- Acero: es una aleación de hierro y carbono, y es significativamente más duro que el cobre y el bronce. La dureza del acero varía según la cantidad de carbono y otros elementos de aleación presentes en la aleación, pero en general, la dureza del acero oscila entre 4-7 en la escala de Mohs. El acero se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo herramientas, maquinaria, construcción, y muchas otras.



## 11.- Aluminio.

El aluminio es el metal más abundante en la corteza terrestre, pero debido a su alta reactividad, nunca fue aislado hasta la mitad del siglo XIX. Aquí está una breve historia del aluminio:

- Descubrimiento del aluminio: El aluminio fue descubierto en 1808 por el químico británico Sir Humphry Davy, quien lo aisló por electrólisis del óxido de aluminio. Sin embargo, este proceso fue costoso y el metal resultante fue considerado una curiosidad de laboratorio.
- Proceso de producción del aluminio: En 1854, el químico francés Henri Sainte-Claire Deville desarrolló un proceso para producir aluminio mediante la reducción del cloruro de aluminio con sodio metálico. Este proceso fue más económico que el método de Davy, lo que permitió la producción comercial del aluminio.
- Avances en la producción de aluminio: A medida que la demanda de aluminio creció, se realizaron mejoras en la producción del metal. En 1886, el estadounidense Charles Martin Hall y el francés Paul Héroult desarrollaron un proceso de producción de aluminio mediante electrólisis de una solución de criolita fundida. Este proceso, conocido como el proceso Hall-Héroult, fue más barato y más eficiente que los procesos anteriores.
- Uso del aluminio en la industria: La capacidad de producir aluminio a gran escala abrió el camino para su uso en numerosas aplicaciones. En el siglo XX, el aluminio se utilizó ampliamente en la construcción de aviones, automóviles y otros medios de transporte debido a su ligereza y resistencia a la corrosión. También se utilizó en la construcción de edificios y en la producción de envases de alimentos y bebidas.
- Desarrollo de nuevas aleaciones de aluminio: A lo largo del siglo XX y hasta nuestros días, se han desarrollado muchas aleaciones de aluminio que tienen diferentes propiedades y son adecuadas para diferentes aplicaciones. Algunas de estas aleaciones son más fuertes, más duraderas o más resistentes a la corrosión que el aluminio puro.



### 11.1.- Propiedades del Aluminio.

El aluminio tiene muchas propiedades útiles que lo hacen un material valioso en numerosas aplicaciones. Algunas de las propiedades más importantes del aluminio son:

- Ligereza: El aluminio es un metal ligero, aproximadamente un tercio del peso del acero, lo que lo hace ideal para aplicaciones donde el peso es importante, como en la construcción de aviones, automóviles y bicicletas.
- Buena conductividad térmica: El aluminio tiene una alta conductividad térmica, lo que significa que puede transferir el calor rápidamente. Esta propiedad lo hace ideal para aplicaciones donde se necesita una rápida disipación del calor, como en radiadores y aletas de refrigeración.

- Buena conductividad eléctrica: El aluminio también tiene una buena conductividad eléctrica, lo que lo hace útil en aplicaciones donde se necesita una transferencia rápida de electricidad, como en los cables eléctricos.
- Resistencia a la corrosión: El aluminio tiene una capa natural de óxido en su superficie, lo que lo hace resistente a la corrosión. Esta propiedad lo hace ideal para aplicaciones donde se necesita resistencia a la intemperie y a la corrosión, como en la construcción de estructuras exteriores y en la producción de envases de alimentos y bebidas.
- Maleabilidad y ductilidad: El aluminio es maleable y dúctil, lo que significa que se puede moldear y formar en diferentes formas y tamaños sin romperse. Esta propiedad lo hace útil en aplicaciones donde se necesita flexibilidad y capacidad de moldeo, como en la producción de láminas y tubos de aluminio.
- Reciclabilidad: El aluminio es un material altamente reciclable, lo que significa que puede ser reutilizado sin perder sus propiedades. Esta propiedad lo hace importante para la sostenibilidad y la conservación de los recursos naturales.

Estas son solo algunas de las propiedades del aluminio que lo hacen útil en numerosas aplicaciones. Debido a sus propiedades únicas, el aluminio se ha convertido en un material esencial en muchas industrias.

## **11.2.- Metalurgia del aluminio.**

La metalurgia del aluminio se refiere al proceso de producción de aluminio a partir de su mineral de bauxita. El proceso de producción consta de varias etapas, que incluyen:

1.- Extracción de bauxita: La bauxita es el mineral principal del que se obtiene el aluminio. Se extrae de minas a cielo abierto y se tritura en un polvo fino.

2.- Procesamiento de la bauxita: El polvo de bauxita se procesa en una solución alcalina en un proceso llamado lixiviación. Esto disuelve la alúmina de la bauxita y separa la sílice y otros minerales no deseados.

3.- Producción de alúmina: La alúmina se extrae de la solución de lixiviación mediante un proceso llamado precipitación. La alúmina se filtra y se lava para eliminar impurezas y luego se calcina para producir óxido de aluminio.

4.- Producción de aluminio: El óxido de aluminio se reduce en un proceso de electrólisis en una celda de Hall-Héroult. La celda consiste en un baño de electrolito de criolita fundido, que actúa como un solvente para la reducción del aluminio. La corriente eléctrica pasa a través del baño, separando el oxígeno del óxido de aluminio, lo que resulta en la producción de aluminio líquido.

5.- Fundición y conformado: El aluminio líquido se funde y se moldea en formas específicas mediante procesos de fundición y conformado. Puede ser fundido en moldes para producir piezas de fundición, o puede ser laminado o estirado en láminas, placas y perfiles.

6.- Tratamientos térmicos: Los productos de aluminio se someten a tratamientos térmicos para mejorar sus propiedades mecánicas y características de durabilidad. Los tratamientos incluyen el recocido, el temple y la precipitación.

7.- Acabado: El aluminio se somete a procesos de acabado, como el anodizado, el recubrimiento y la pintura para mejorar su apariencia, resistencia a la corrosión y durabilidad.

La metalurgia del aluminio es un proceso complejo y requiere tecnología avanzada para la producción a gran escala. Sin embargo, el resultado final es un material versátil y útil que se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones.

### **11.3.- Método Bayer.**

El método Bayer es el proceso más comúnmente utilizado para extraer aluminio a partir de su mineral de bauxita. Fue desarrollado por Karl Josef Bayer en 1888 y ha sido refinado y mejorado a lo largo de los años.

El proceso Bayer consta de las siguientes etapas:

1.- Pretratamiento de la bauxita: La bauxita se tritura y se lava para eliminar la arcilla y otras impurezas. Luego se seca y se tritura en un polvo fino.

2.- Digestión: El polvo de bauxita se mezcla con una solución cáustica de hidróxido de sodio y se calienta en un recipiente de alta presión llamado digestor. Este proceso disuelve la alúmina de la bauxita y forma una solución llamada licor rojo. La sílice y otros minerales no deseados quedan en el fondo como residuos.

3.- Clarificación: La solución de licor rojo se filtra para separar las impurezas restantes y dejar solo la solución clara de aluminato de sodio.

4.- Precipitación: El aluminato de sodio se trata con dióxido de carbono para precipitar la alúmina en forma de hidróxido de aluminio. Este hidróxido de aluminio se filtra, se lava y se seca para producir el polvo de alúmina.

5.- Producción de aluminio: La alúmina se convierte en aluminio mediante un proceso de electrólisis en una celda de Hall-Héroult, similar al proceso utilizado en la metalurgia del aluminio descrita anteriormente.

El método Bayer es una forma eficiente de extraer aluminio a gran escala, pero requiere grandes cantidades de energía y de agua. Además, la producción de alúmina puede generar residuos sólidos y líquidos que deben ser tratados adecuadamente para minimizar el impacto ambiental.

Hoy en día, el aluminio es uno de los metales más utilizados en todo el mundo y es esencial para muchas industrias. La producción del aluminio sigue evolucionando con nuevos procesos y técnicas para mejorar la eficiencia y reducir los costos.

### **11.4.- Electrolisis del aluminio.**

La electrolisis es el proceso utilizado para producir aluminio a partir de la alúmina (óxido de aluminio) en un proceso conocido como el proceso Hall-Héroult. Este proceso fue desarrollado de manera independiente por Charles Martin Hall en Estados Unidos y Paul Héroult en Francia en 1886.

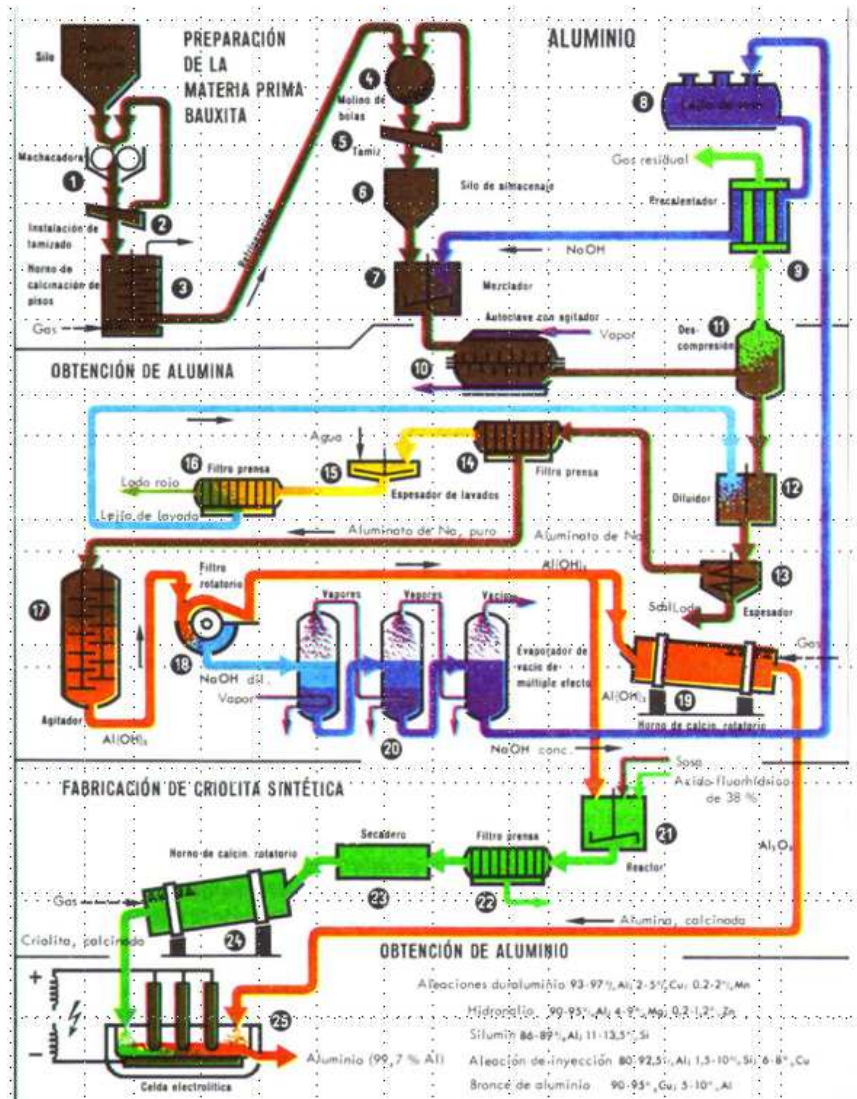
El proceso Hall-Héroult consta de las siguientes etapas:

1.- Obtención de la alúmina: La alúmina se extrae de la bauxita mediante el proceso Bayer, como se ha mencionado anteriormente.

2.- Fusión de la alúmina: La alúmina se funde a una temperatura de alrededor de 2050 °C en un horno llamado criolita, junto con criolita ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) y fluoruro de calcio ( $\text{CaF}_2$ ) para reducir la temperatura de fusión y hacer que la alúmina sea conductor eléctrico.

3.- Electrólisis: La mezcla fundida se vierte en una celda de electrólisis que contiene dos electrodos: un cátodo hecho de carbono y un ánodo hecho de grafito. El ánodo se sumerge en la mezcla fundida, mientras que el cátodo se coloca en la parte inferior de la celda.

Cuando se aplica una corriente eléctrica a la celda, el oxígeno se libera en el ánodo, donde se combina con el carbono para formar dióxido de carbono. El aluminio líquido se deposita en el fondo de la celda y se recoge periódicamente.

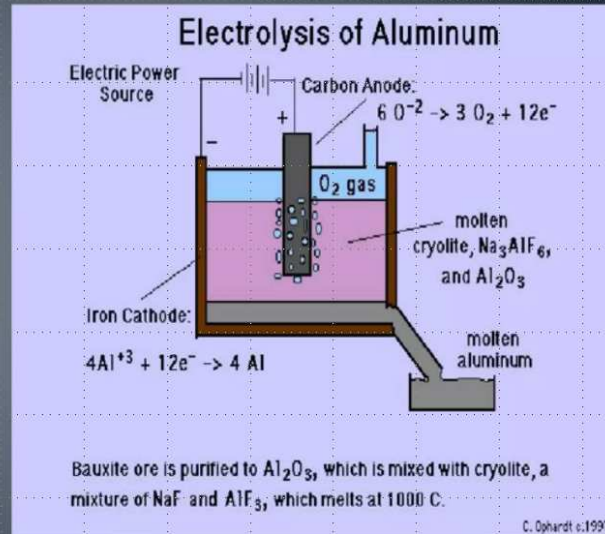


La electrólisis es un proceso energéticamente intensivo y requiere grandes cantidades de electricidad. Sin embargo, el aluminio producido mediante este proceso es de alta pureza.

4.- Refinado: El aluminio recién producido a menudo contiene impurezas, por lo que se refina mediante un proceso de purificación que implica la adición de otras sustancias químicas. El aluminio refinado se moldea en lingotes o láminas para su uso posterior.

# Electrolisis del aluminio

La alúmina al tener un punto alto de fusión, se disuelve junto a criolita ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ), que tiene uno mucho más bajo. Por esta disolución se hace pasar corriente eléctrica que separa el oxígeno del aluminio



## 12.- Titanio.

El titanio fue descubierto en 1791 por el clérigo y geólogo británico William Gregor. Él aisló un nuevo elemento a partir de un mineral que se encontró en una playa de Cornwall, Inglaterra. Gregor lo llamó "hierro del sol" por su brillo dorado.

Sin embargo, la verdadera historia del titanio comenzó en 1910 cuando el químico estadounidense Matthew A. Hunter aisló titanio puro mediante la reducción de tetracloruro de titanio con sodio. A partir de este descubrimiento, los científicos comenzaron a investigar las propiedades del titanio y sus posibles aplicaciones.

Durante la década de 1940, el interés en el titanio se intensificó debido a su capacidad para resistir la corrosión y su alta resistencia a la temperatura. En 1946, William Justin Kroll, un químico luxemburgués-estadounidense, desarrolló un método para producir titanio comercialmente a partir de la reducción de tetracloruro de titanio con magnesio. Este proceso, conocido como el proceso Kroll, sigue siendo el método principal para la producción de titanio en la actualidad.



El titanio comenzó a utilizarse en la industria aeroespacial en la década de 1950, principalmente en la fabricación de piezas de aviones y misiles. El uso del titanio se expandió a otros campos, como la industria química, la industria médica y la fabricación de equipos deportivos.

Hoy en día, el titanio es un material muy valioso debido a sus propiedades únicas, como su alta resistencia a la corrosión, su baja densidad y su alta resistencia a la temperatura. Se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, desde la fabricación de piezas de aviones hasta la producción de implantes médicos y herramientas de alta tecnología.

## 12.1.- Propiedades del Titanio.

El titanio es un metal con una serie de propiedades únicas que lo hacen muy valioso para una amplia variedad de aplicaciones. Algunas de las principales propiedades del titanio incluyen:

- Resistencia a la corrosión: El titanio es muy resistente a la corrosión, incluso en ambientes muy agresivos como la sal marina y los ácidos. Esto lo hace ideal para su uso en aplicaciones en las que se requiere una alta resistencia a la corrosión, como en la fabricación de piezas de aviones y barcos, y en la industria química.
- Baja densidad: El titanio tiene una densidad baja en comparación con otros metales como el acero. Esto lo hace ideal para su uso en aplicaciones en las que se requiere una alta resistencia a la vez que una baja masa, como en la fabricación de componentes para aviones y cohetes.
- Alta resistencia: El titanio tiene una alta resistencia a la tracción y la compresión. Esto lo hace ideal para su uso en aplicaciones en las que se requiere una alta resistencia, como en la fabricación de piezas de aviones y en la industria aeroespacial en general.
- Alta resistencia a la temperatura: El titanio es capaz de mantener su resistencia a altas temperaturas, lo que lo hace ideal para su uso en aplicaciones de alta temperatura, como en la fabricación de motores de aviones y en la industria de la energía.
- Biocompatibilidad: El titanio es biocompatible, lo que significa que es compatible con el cuerpo humano y se utiliza en la fabricación de implantes médicos, como prótesis de cadera y tornillos de fijación ósea.

En resumen, el titanio es un metal con una combinación única de propiedades, lo que lo hace ideal para una amplia variedad de aplicaciones en industrias como la aeroespacial, la química, la energética, la médica y la deportiva.

## 12.2.- Metalurgia del titanio

La metalurgia del titanio es un proceso complejo que se lleva a cabo en varias etapas. Estas son las etapas generales del proceso:

1.- Extracción de mineral de titanio: El titanio se encuentra en la naturaleza en forma de mineral. Los principales depósitos de mineral de titanio se encuentran en Australia, Sudáfrica, Canadá y Noruega. La extracción de mineral de titanio se realiza a través de la minería de superficie o subterránea.

2.- Conversión del mineral de titanio en  $TiCl_4$ : El mineral de titanio se procesa para obtener dióxido de titanio ( $TiO_2$ ), que se convierte en tetracloruro de titanio ( $TiCl_4$ ) mediante un proceso químico llamado proceso de cloración. El  $TiCl_4$  es un compuesto químico que se utiliza como materia prima para la producción de titanio metálico.

3.- Producción de titanio esponjoso: El  $TiCl_4$  se reduce a titanio esponjoso en un reactor de lecho fluidizado. Este proceso se llama proceso Kroll. El titanio esponjoso es un



material poroso que se utiliza como materia prima para la producción de productos de titanio.

4.- Producción de lingotes de titanio: El titanio esponjoso se funde en un horno de arco eléctrico y se vierte en moldes para producir lingotes de titanio.

5.- Procesamiento de lingotes de titanio: Los lingotes de titanio se procesan mediante técnicas de forjado, laminado y extrusión para producir productos acabados como láminas, placas, barras y tubos de titanio.

6.- Tratamiento térmico: Los productos de titanio se someten a un tratamiento térmico para mejorar sus propiedades mecánicas y mejorar su resistencia a la corrosión.

En resumen, la metalurgia del titanio es un proceso complejo que implica varias etapas, desde la extracción de mineral de titanio hasta la producción de productos de titanio acabados mediante técnicas de procesamiento y tratamiento térmico.

### 12.3.- Método Kroll.

El método Kroll es el proceso químico utilizado para producir titanio metálico a partir de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>). Fue desarrollado por William Kroll en la década de 1940 y es el proceso más utilizado en la actualidad para la producción de titanio metálico.

El proceso Kroll consta de varias etapas. En primer lugar, el dióxido de titanio se reduce a cloruro de titanio (TiCl<sub>4</sub>) mediante un proceso de cloración en presencia de cloro y coque. A continuación, el TiCl<sub>4</sub> se purifica mediante destilación fraccionada y se convierte en titanio esponjoso (una forma porosa de titanio metálico) mediante reducción con magnesio en un reactor de lecho fluidizado. Finalmente, el titanio esponjoso se funde en un horno de arco eléctrico y se vierte en moldes para producir lingotes de titanio.

El método Kroll es un proceso costoso y requiere un alto consumo de energía, pero sigue siendo el método preferido para la producción de titanio metálico debido a su alta eficiencia y fiabilidad.

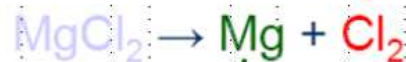


William Kroll  
(1889-1973)

#### ① CHLORINATION



#### ② ELECTROLYSIS



#### ③ REDUCTION



## 13.- Nuevos materiales.

### 13.1.- Fibra de carbono

La historia de la fibra de carbono se remonta a la década de 1870, cuando Thomas Edison descubrió que los filamentos de carbono eran capaces de emitir luz eléctrica de manera constante. Sin embargo, la tecnología para producir filamentos de carbono en grandes cantidades y con alta calidad no se desarrolló hasta la década de 1950.

En 1958, Roger Bacon, un científico británico, descubrió un proceso para producir fibras de carbono de alta resistencia y bajo peso utilizando poliacrilonitrilo (PAN) como material de partida. Esto fue un gran avance, ya que las fibras de carbono se podían producir en grandes cantidades y a un costo razonable.

En la década de 1960, se comenzó a utilizar la fibra de carbono en aplicaciones aeroespaciales debido a sus excelentes propiedades mecánicas y baja densidad. La NASA utilizó la fibra de carbono en la fabricación de piezas estructurales de los aviones espaciales, incluyendo el cohete Saturno V que llevó a los astronautas del programa Apollo a la luna en 1969.

A partir de la década de 1970, la fibra de carbono comenzó a utilizarse en la industria deportiva, principalmente en la fabricación de palos de golf y raquetas de tenis. Desde entonces, ha encontrado su aplicación en una amplia gama de productos, desde automóviles de carreras hasta equipamiento militar.

Hoy en día, la fibra de carbono se considera uno de los materiales más avanzados y se utiliza en muchas aplicaciones de alta tecnología debido a su alta resistencia, bajo peso y rigidez excepcional.



#### 13.1.1.- Propiedades de la fibra de Carbono.

La fibra de carbono es un material compuesto que se compone de filamentos de carbono extremadamente finos y resistentes. Entre las principales propiedades de la fibra de carbono se incluyen:

- Alta resistencia: La fibra de carbono es extremadamente resistente y puede soportar cargas mucho mayores que la mayoría de los materiales comunes, como el acero.



- **Bajo peso:** La fibra de carbono es muy liviana en comparación con otros materiales, lo que la hace ideal para aplicaciones en las que se requiere un bajo peso, como en aviones y automóviles deportivos.
- **Rigidez:** La fibra de carbono es muy rígida y tiene una alta resistencia a la deformación bajo carga, lo que la hace adecuada para aplicaciones que requieren alta precisión y estabilidad.
- **Buena resistencia a la fatiga:** La fibra de carbono tiene una buena resistencia a la fatiga, lo que significa que puede soportar una carga repetitiva sin sufrir daño o deformación.
- **Buena resistencia química:** La fibra de carbono tiene una excelente resistencia a la mayoría de los productos químicos, lo que la hace útil en ambientes corrosivos.
- **Excelente conductividad térmica:** La fibra de carbono tiene una excelente conductividad térmica, lo que la hace ideal para aplicaciones en las que se requiere una disipación rápida del calor, como en componentes electrónicos.

En resumen, la fibra de carbono es un material compuesto de alta tecnología que combina una alta resistencia, bajo peso, rigidez excepcional, resistencia a la fatiga y buena resistencia química y térmica. Estas propiedades hacen que la fibra de carbono sea un material ideal para una amplia gama de aplicaciones en la industria aeroespacial, automotriz, deportiva y electrónica, entre otras.

### **13.1.2.- Fabricación de la fibra de Carbono.**

La fabricación de fibra de carbono implica varios procesos de metalurgia, que incluyen la producción de la materia prima y la formación de la estructura compuesta. Los principales procesos involucrados en la metalurgia de la fibra de carbono son los siguientes:

1.- **Producción de la materia prima:** El primer paso en la fabricación de la fibra de carbono es la producción de la materia prima, que generalmente se realiza a partir de poliacrilonitrilo (PAN), rayón o petróleo. La materia prima se somete a procesos químicos y físicos para purificarla y convertirla en fibras de carbono.

2.- **Hilado:** Las fibras de carbono se hilan en un proceso similar al de la hilatura de algodón, donde se estiran y se enrollan para formar filamentos continuos. Durante este proceso, se eliminan las impurezas y se controla la orientación de las fibras.

3.- **Preparación de la matriz:** La matriz es el material que se combina con las fibras de carbono para formar el compuesto. La matriz se prepara a partir de resinas epoxi, poliéster o viniléster que se mezclan con otros materiales para formar una mezcla uniforme.

4.- **Consolidación:** La consolidación es el proceso de unir las fibras de carbono con la matriz. Esto se logra mediante una combinación de presión y calor, que hace que la matriz se adhiera a las fibras de carbono y se solidifique. En este proceso, se pueden formar estructuras laminadas o tejidas.

5.- **Curado:** Una vez consolidado, el material se cura en un horno a alta temperatura para mejorar sus propiedades físicas. Durante el curado, la matriz se polimeriza, lo que aumenta su rigidez y resistencia.

En resumen, la fabricación de fibra de carbono es un proceso complejo que involucra la producción de la materia prima, hilado, preparación de la matriz, consolidación y curado. Cada uno de estos procesos de metalurgia es crucial para producir fibras de carbono de alta calidad con propiedades excepcionales como se ha explicado anteriormente.

## **13.2.- Fibra de vidrio.**

La fibra de vidrio fue desarrollada en los años 30 del siglo XX por el físico y químico estadounidense Dale Kleist, quien estaba trabajando en la Corporación Owens-Illinois. La empresa estaba buscando un material aislante para los cristales de los hornos de vidrio, y Kleist descubrió que, si soplaba aire a través de vidrio fundido, se producía una fibra delgada y resistente.

La fibra de vidrio se utilizó por primera vez en la fabricación de objetos pequeños, como bolas de béisbol y aislantes para hornos y frigoríficos. Sin embargo, su uso se extendió rápidamente en la década de 1940 durante la Segunda Guerra Mundial, cuando se utilizó para la fabricación de aviones y barcos militares.

Después de la guerra, la fibra de vidrio se convirtió en un material popular para la fabricación de automóviles y barcos comerciales. En los años 50 y 60, los diseñadores de automóviles comenzaron a experimentar con la fibra de vidrio como material para la carrocería, lo que resultó en autos deportivos como el Chevrolet Corvette y el Shelby Cobra.

Hoy en día, la fibra de vidrio se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, desde la construcción y la industria del transporte hasta la fabricación de productos de consumo como kayaks y muebles de jardín. La fibra de vidrio se ha convertido en un material común debido a su alta resistencia, ligereza, durabilidad y capacidad para ser moldeado en una amplia variedad de formas.



### **13.2.1.- Propiedades de la fibra de Vidrio.**

La fibra de vidrio es un material compuesto formado por finas fibras de vidrio que se entrelazan y se unen con resinas de poliéster, epoxi o viniléster. Algunas de las propiedades de la fibra de vidrio incluyen:

1. **Ligereza:** La fibra de vidrio es un material muy liviano, lo que la hace ideal para aplicaciones donde se requiere un bajo peso sin sacrificar la resistencia.
2. **Alta resistencia:** La fibra de vidrio es un material muy resistente que puede soportar cargas de tensión y flexión sin deformarse. También es resistente a la tracción, la compresión y la fatiga.
3. **Durabilidad:** La fibra de vidrio es un material muy duradero que puede soportar el uso prolongado y resistir la exposición a los elementos.

4. Resistencia a la corrosión: La fibra de vidrio es resistente a la corrosión y a los productos químicos, lo que la hace ideal para aplicaciones en entornos corrosivos.
5. Aislamiento térmico: La fibra de vidrio tiene una baja conductividad térmica, lo que la hace excelente para aplicaciones de aislamiento térmico.
6. Aislamiento acústico: La fibra de vidrio también tiene propiedades de aislamiento acústico y se utiliza a menudo en la construcción de paredes y techos para reducir el ruido.
7. Facilidad de moldeo: La fibra de vidrio es un material fácil de moldear en una amplia variedad de formas, lo que la hace adecuada para aplicaciones donde se requiere una forma específica.
8. Costo-efectividad: La fibra de vidrio es un material relativamente económico en comparación con otros materiales compuestos como la fibra de carbono.

En resumen, la fibra de vidrio es un material compuesto que ofrece una excelente combinación de resistencia, ligereza, durabilidad y resistencia a la corrosión, lo que la hace adecuada para una amplia variedad de aplicaciones.

### **13.2.2.- Fabricación de la fibra de Vidrio.**

La elaboración de la fibra de vidrio es un proceso de fabricación que implica la producción de un material compuesto que consiste en fibras de vidrio finas que se entrelazan y se unen con una resina. El proceso generalmente implica los siguientes pasos:

1.- Preparación de las fibras: Las fibras de vidrio se producen a partir de vidrio fundido que se extruye en filamentos finos. Los filamentos se pueden cortar a una longitud determinada o mantener continuos para su posterior procesamiento.

2.- Tejido o entrelazado de las fibras: Las fibras se tejen o se entrelazan para formar una malla que se asemeja a una tela. La malla se puede cortar en formas específicas para su posterior procesamiento.

3.- Preparación de la resina: La resina se prepara mezclando una cantidad precisa de resina líquida y endurecedor. La resina también puede incluir otros aditivos como pigmentos o cargas para proporcionar propiedades específicas.

4.- Impregnación de la malla de fibra de vidrio: La malla de fibra de vidrio se sumerge en la resina y se asegura de que cada fibra esté completamente impregnada con resina.

5.- Curado: La resina se cura y se endurece para formar una matriz sólida que se une a las fibras de vidrio y forma el material compuesto.

6.- Acabado: El material compuesto se puede cortar, moldear y mecanizar para formar componentes específicos para su uso en una amplia variedad de aplicaciones.

La metalurgia de la fibra de vidrio es un proceso altamente automatizado y controlado por computadora que se realiza en fábricas especializadas en todo el mundo. El resultado final es un material compuesto que ofrece una excelente combinación de propiedades físicas y mecánicas, lo que lo hace adecuado para una amplia variedad de aplicaciones en la construcción, la industria aeroespacial, la fabricación de barcos y la industria automotriz, entre otras.

Hay muchos nuevos materiales que se están desarrollando y explorando en la actualidad, algunos de los cuales pueden tener aplicaciones importantes en diversas industrias.

Algunos ejemplos son:

### 13.3.- Grafeno

El grafeno es un material compuesto por una capa de átomos de carbono dispuestos en una estructura hexagonal. Es extremadamente resistente y ligero, y también tiene excelentes propiedades conductoras de calor y electricidad. El grafeno se está investigando para su uso en la electrónica, la energía y la fabricación de materiales compuestos.

El grafeno es un material compuesto por una capa de átomos de carbono dispuestos en una estructura hexagonal plana. Es un material extremadamente fuerte, ligero, flexible y conductor de electricidad y calor. El grafeno es considerado uno de los materiales más prometedores de nuestro tiempo debido a sus propiedades únicas, y se está investigando para su uso en una amplia gama de aplicaciones en diversas industrias.

El grafeno tiene una amplia gama de propiedades interesantes, incluyendo su alta resistencia, su baja densidad y su alta conductividad térmica y eléctrica. Estas propiedades lo hacen ideal para su uso en la fabricación de dispositivos electrónicos, como pantallas táctiles, baterías y paneles solares. También puede ser utilizado para mejorar la eficiencia energética en vehículos, edificios y maquinaria.

Además, el grafeno tiene aplicaciones potenciales en la medicina, como en la detección y tratamiento del cáncer. También se está investigando para su uso en la fabricación de materiales compuestos más resistentes y ligeros, y como revestimiento antimicrobiano en productos de consumo.

A pesar de su potencial, la producción de grafeno a gran escala todavía es un desafío. Sin embargo, se están realizando avances significativos en la fabricación y la producción de grafeno, lo que sugiere que el uso generalizado del grafeno en la industria podría ser posible en el futuro cercano.



### 13.4.- Aerogeles.

Aerogeles: Los aerogeles son materiales extremadamente ligeros y porosos que se forman a partir de una variedad de compuestos, como la sílice y el carbono. Son excelentes aislantes térmicos y acústicos, y también tienen aplicaciones en la absorción de impactos y la filtración.

Los aerogeles son materiales sólidos de baja densidad que tienen una estructura porosa única. Están compuestos de un gel que ha sido secado, y el resultado es un material sólido y esponjoso que se parece mucho a un gelatina sólida. Los aerogeles son famosos por ser los sólidos más ligeros que existen, con densidades que pueden ser tan bajas como 1/1000 de la densidad del agua.

A pesar de su apariencia frágil, los aerogeles tienen propiedades mecánicas sorprendentes, incluyendo una alta resistencia a la compresión y la flexión. También tienen excelentes propiedades aislantes, tanto térmicas como acústicas, lo que los hace ideales para su uso en la construcción y la fabricación de materiales aislantes.

Los aerogeles también tienen aplicaciones en otras áreas, como en la absorción de impactos y la filtración. Se están investigando para su uso en la fabricación de materiales compuestos



para la aviación y la industria automotriz, ya que su alta resistencia y bajo peso los hacen ideales para su uso en aplicaciones de alta resistencia y de baja masa.

En la medicina, los aerogeles se están investigando para su uso en la liberación controlada de medicamentos y la regeneración de tejidos. También tienen aplicaciones en la limpieza de derrames de

petróleo y otros contaminantes.

En general, los aerogeles son materiales fascinantes que tienen muchas propiedades únicas y aplicaciones prometedoras en una amplia gama de industrias.

### **13.5.- Materiales Termoeléctricos.**

Estos materiales tienen la capacidad de convertir la energía térmica en electricidad. Se están investigando para su uso en la generación de energía y la refrigeración de dispositivos electrónicos.

Los materiales termoeléctricos son materiales que pueden convertir la energía térmica en energía eléctrica y viceversa. Esto se logra mediante un fenómeno llamado efecto Seebeck, en el que se genera una corriente eléctrica cuando hay una diferencia de temperatura en un material.

Los materiales termoeléctricos son importantes porque pueden ser utilizados en aplicaciones de refrigeración y calefacción, lo que significa que pueden ser utilizados para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y reducir la huella de carbono. Los materiales termoeléctricos también son útiles en la generación de energía eléctrica a partir del calor residual, como en los motores de automóviles y en las plantas de energía.

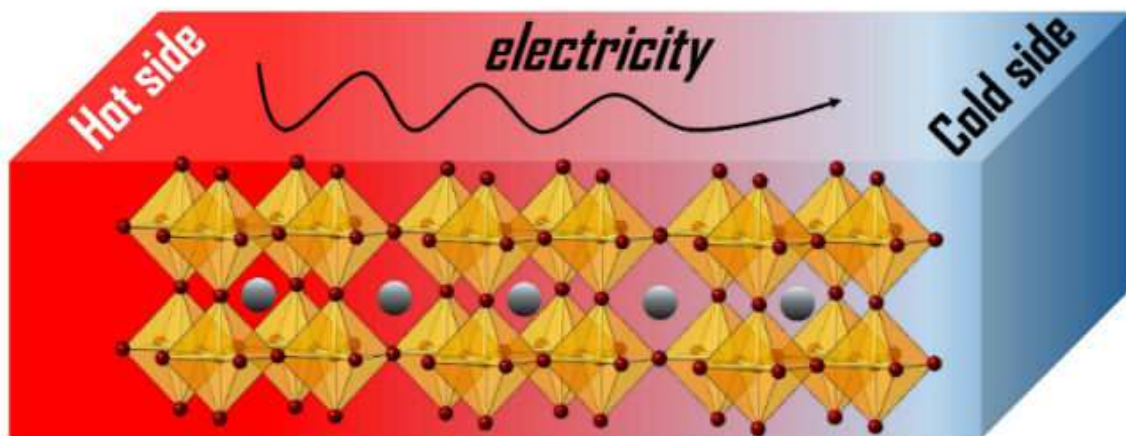
Algunos materiales termoeléctricos incluyen el bismuto-telurio, el silicio-germanio y el antimonio-telurio. Estos materiales tienen propiedades únicas, como una alta conductividad eléctrica y baja conductividad térmica, lo que significa que son buenos para la conversión de calor en electricidad.

Los materiales termoeléctricos también tienen aplicaciones en la electrónica de alta tecnología, como en la fabricación de micro-generadores de energía para sensores y dispositivos portátiles. Además, se están investigando nuevos materiales termoeléctricos que podrían tener propiedades aún más útiles y aplicaciones innovadoras en el futuro.

El efecto Seebeck es un fenómeno físico que describe la generación de una diferencia de voltaje eléctrico en un material conductor cuando hay una diferencia de temperatura a lo largo del mismo, es decir, cuando se aplica una diferencia de temperatura entre dos puntos de un material conductor, se produce una corriente eléctrica debido a la diferencia de energía térmica en el material.

Este fenómeno se debe a la existencia de portadores de carga eléctrica (electrones o huecos) en el material conductor, que pueden moverse debido a la diferencia de energía térmica. Cuando hay una diferencia de temperatura en el material conductor, los portadores de carga en las zonas más calientes ganan energía cinética y se mueven hacia las zonas más frías, lo que genera una corriente eléctrica.

Este efecto se puede aprovechar para la conversión de energía térmica en energía eléctrica en los materiales termoeléctricos. Los materiales termoeléctricos son materiales que tienen una alta capacidad para producir una corriente eléctrica cuando se someten a una diferencia de temperatura. El efecto Seebeck es la base de su funcionamiento, y se utiliza para generar energía eléctrica a partir del calor residual en diversas aplicaciones, como en la industria automotriz, la generación de energía eléctrica y en la electrónica de alta tecnología.



### 13.6.- Materiales Biodegradables.

Los materiales biodegradables son aquellos que pueden descomponerse de forma natural a través de procesos biológicos. Se están desarrollando nuevos materiales biodegradables para su uso en envases, plásticos y otros productos.



Los materiales biodegradables son aquellos que pueden ser descompuestos por microorganismos naturales, como bacterias y hongos, en compuestos simples y no dañinos para el medio ambiente. Estos materiales son una alternativa más sostenible y amigable con el medio ambiente que los materiales no biodegradables, como el plástico convencional.

Algunos ejemplos de materiales biodegradables incluyen:

- Almidón: El almidón es un polímero natural que se encuentra en plantas como el maíz, la patata y el trigo. Se utiliza como materia prima para la fabricación de envases y bolsas biodegradables.
- Polihidroxialcanoatos (PHA): Los PHA son un tipo de poliéster biodegradable que se produce de forma natural en algunas bacterias. Se pueden utilizar para la producción de envases y bolsas biodegradables.



- Celulosa: La celulosa es un polímero natural que se encuentra en plantas y árboles. Se utiliza en la fabricación de productos de papel, como pañuelos y toallas de papel.

- Ácido poliláctico (PLA): El PLA es un poliéster biodegradable que se produce a partir de almidón de maíz, y se utiliza en la producción de envases y bolsas biodegradables.

Los materiales biodegradables son importantes para reducir la cantidad de residuos que se acumulan en el medio ambiente, ya que se descomponen de forma natural y no generan contaminación a largo plazo. Además, también pueden ser una alternativa más sostenible a los materiales no biodegradables en la industria de envases y embalajes.

### 13.7.- Nanotubos de Carbono.

Los nanotubos de carbono son estructuras cilíndricas de carbono, con un diámetro de unos pocos nanómetros y una longitud que puede ser de hasta varios centímetros. Los nanotubos de carbono tienen una estructura única que les confiere propiedades mecánicas, eléctricas y térmicas excepcionales. Son uno de los materiales más prometedores en la nanotecnología debido a su gran capacidad para mejorar las propiedades de otros materiales. Tienen una alta resistencia y conductividad, y se están investigando para su uso en la electrónica y la fabricación de materiales compuestos.

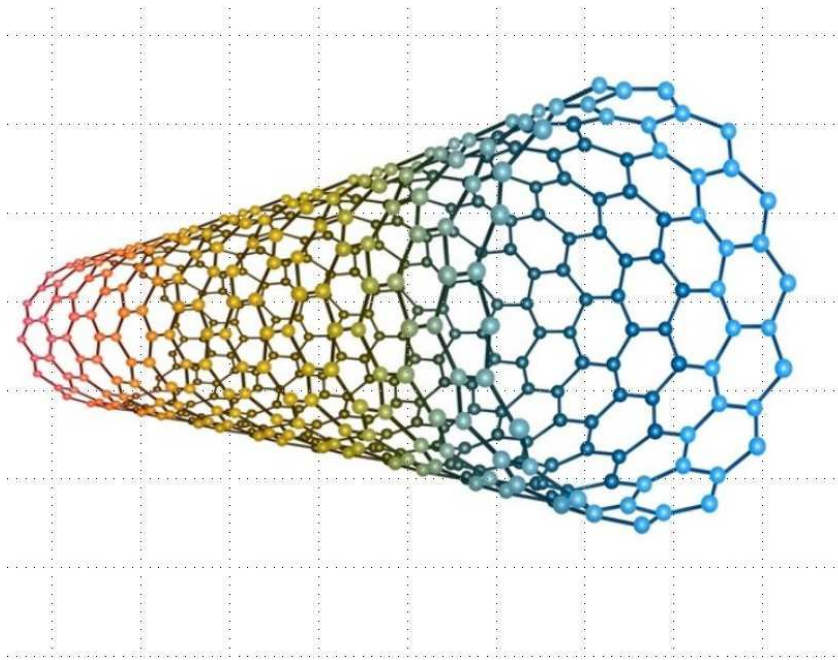
Los nanotubos de carbono pueden ser de dos tipos: los nanotubos de pared simple (SWNT) y los nanotubos de pared múltiple (MWNT). Los SWNT son los más comunes y tienen una sola capa de átomos de carbono, mientras que los MWNT tienen varias capas concéntricas de átomos de carbono.

Entre las propiedades más destacables de los nanotubos de carbono se encuentran:

- Alta resistencia mecánica: Los nanotubos de carbono son más resistentes que el acero, y pueden soportar cargas mecánicas extremadamente altas.
- Alta conductividad eléctrica: Los nanotubos de carbono son excelentes conductores de electricidad, lo que los hace útiles en la electrónica y la informática.
- Alta conductividad térmica: Los nanotubos de carbono son excelentes conductores de calor, lo que los hace útiles en la fabricación de materiales termoconductores.

- Gran superficie específica: Los nanotubos de carbono tienen una gran superficie específica, lo que los hace útiles como catalizadores y en la adsorción de gases.

Los nanotubos de carbono tienen numerosas aplicaciones potenciales en áreas como la electrónica, la informática, la energía, la medicina y la ciencia de materiales. Sin embargo, todavía hay muchos desafíos tecnológicos y económicos que deben superarse para que estos materiales puedan ser producidos a gran escala y utilizados de manera efectiva.



Estos son solo algunos ejemplos de nuevos materiales que se están investigando y desarrollando. Con la investigación y la innovación en curso, es posible que se descubran y desarrollen muchos más materiales nuevos con propiedades y aplicaciones únicas.



## 14.- Bibliografía

- "The Tutankhamun Dagger" (Artículo en línea). The Metropolitan Museum of Art. Disponible en: <https://www.metmuseum.org/art/collection/search/548077>. Consultado el 21 de abril de 2023.
- Askeland, D. R. & Phulé, P. P. (2016). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Cengage Learning Editores.
- Callister, W. D. & Rethwisch, D. G. (2014). *Materials Science and Engineering: An Introduction*. John Wiley & Sons.
- González-Viñas, W. & Mancini, H. L. (2004). *An Introduction to Materials Science*. Princeton University Press.
- Ashby, M. F., Shercliff, H. R., & Cebon, D. (2007). *Materials: Engineering, Science, Processing and Design*. Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Gaskell, D. R. (1995). *Introduction to Metallurgical Thermodynamics*. CRC Press.
- Kingery, W. D., Bowen, H. K., & Uhlmann, D. R. (1976). *Introduction to Ceramics*. John Wiley & Sons.
- Porter, D. A., & Easterling, K. E. (2001). *Phase Transformations in Metals and Alloys*. CRC Press.
- Shackelford, J. F. (2009). *Introduction to Materials Science for Engineers*. Prentice Hall.
- Shaw, I. (2002). *The Oxford History of Ancient Egypt*. Oxford University Press.
- Wilkinson, T. A. H. (2010). *The Rise and Fall of Ancient Egypt*. Random House.
- Grimal, N. (1994). *A History of Ancient Egypt*. Blackwell Publishing.
- Redford, D. B. (1993). *Egypt, Canaan, and Israel in Ancient Times*. Princeton University Press.
- Buchwald, V. F. (1975). *Handbook of Iron Meteorites, Their History, Distribution, Composition and Structure*. University of California Press.
- Wasson, J. T. (1974). *Meteorites: Their Record of Early Solar-System History*. W. H. Freeman and Company.
- Norton, O. R. (2002). *Rocks from Space: Meteorites and Meteorite Hunters*. Mountain Press Publishing Company.
- Taylor, G. J. (1997). *Meteorites: A Petrologic, Chemical and Isotopic Synthesis*. Cambridge University Press.
- Fagan, B. M. (1995). *Ancient North America: The Archaeology of a Continent*. Thames and Hudson.
- Maddin, R., Muhly, J. D., & Stech, T. (Eds.). (1988). *The Coming of the Age of Iron*. New-Haven, CT: Yale University Press.
- Craddock, P. T. (1995). *Early Metal Mining and Production*. Smithsonian Institution Press.
- Jenkins, R. (1999). X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology. *Journal of Archaeological Science*, 26(6), 687-696.
- Aramendia, J., & Ortiz, I. (2011). X-ray fluorescence spectrometry: A non-destructive technique in archaeological research. *Journal of Cultural Heritage*, 12(3), 319-327.

- Heinrich, W., & Gänssicke, B. (Eds.). (1995). X-Ray Fluorescence Analysis in the Geosciences. Springer.
- Beck, L., & Guillemot, T. (2015). X-ray fluorescence spectrometry for cultural heritage materials. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 109, 2-21.
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2018). *Fundamentals of Materials Science and Engineering: An Integrated Approach*. John Wiley & Sons.
- Dieter, G. E. (1988). *Mechanical Metallurgy*. McGraw-Hill Education.
- Ashby, M. F., & Jones, D. R. H. (2013). *Engineering Materials 1: An Introduction to Properties, Applications and Design*. Elsevier.
- ASTM International. (2018). *Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials*. ASTM International.
- Barber, E. (1999). *Tutankhamun: The Life and Death of a Pharaoh*. British Museum Press.
- Brookes, D. W. (1989). *The Age of Metals*. Thames and Hudson.
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2018). *Materials Science and Engineering: An Introduction*. John Wiley & Sons.
- El-Aref, N. (2021). Egyptian authorities announce discovery of 3,000-year-old lost city. *Nature*, 592(7854), 181-182.
- Järvinen, T., Fagerlund, S., & Joutsensaari, J. (2016). Development of an XRF analysis method for the determination of metallic impurities in aluminium alloys. *X-Ray Spectrometry*, 45(5), 292-298.
- Rosenqvist, T. (2004). *Principles of Extractive Metallurgy*. Tapir Academic Press.
- Real Decreto-ley 14/2021, de 6 de julio, de medidas urgentes para la modernización de la Administración Pública y para la ejecución del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia:
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación:
- Gobierno de España. (2020). Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 340, de 30 de diciembre de 2020, pp. 1-101. <https://www.boe.es/eli/es-lo/2020/12/29/3>
- Estándares de Aprendizaje Evaluables de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) (Ministerio de Educación y Formación Profesional):
- Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2014). Estándares de aprendizaje evaluables de Educación Secundaria Obligatoria (ESO). <https://www.educacionyfp.gob.es/dam/jcr:ac9f7e2a-3970-4f1e-a05c-7ee51d11a3a3/estandares-eso-def.pdf>
- Currículo de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) (Ministerio de Educación y Formación Profesional):
- Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2015). Currículo de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO). <https://www.educacionyfp.gob.es/dam/jcr:aee36b64-29f6-4bb7-9d84-1be6ff1b6f3c/20150904-curr%C3%ADculo-eso-loe-LOMCE-pendiente-inclusi%C3%B3n-LIBRO.pdf>
- <https://www.malvernpanalytical.com/es/products/category/software/x-ray-diffraction-software>
-

Nota sobre las imágenes utilizadas en este trabajo:

Quiero hacer constar que las imágenes incluidas en este trabajo no han sido creadas por mí, sino que han sido obtenidas de diversas fuentes en Internet. Se han utilizado con fines puramente ilustrativos y con el objetivo de enriquecer el contenido presentado. Agradezco a los autores originales por compartir su trabajo en línea.

### 15.- Anexos. Rúbricas sobre un ensayo sobre nuevos materiales

<b>Criterios de evaluación</b>	<b>Insuficiente (0-4 puntos)</b>	<b>Suficiente (5-7 puntos)</b>	<b>Notable (8-9 puntos)</b>	<b>Sobresaliente (10 puntos)</b>
Conocimiento de los contenidos	El ensayo no demuestra un conocimiento suficiente de los temas tratados.	El ensayo muestra un conocimiento adecuado de los temas tratados.	El ensayo demuestra un conocimiento profundo y detallado de los temas tratados.	El ensayo demuestra un conocimiento excepcional y original de los temas tratados.
Argumentación y análisis	El ensayo carece de argumentación y análisis, o estos son confusos e incoherentes.	El ensayo presenta una argumentación y análisis coherentes, aunque no siempre suficientemente desarrollados.	El ensayo presenta una argumentación y análisis claros, coherentes y bien desarrollados.	El ensayo presenta una argumentación y análisis excepcionales, con una profunda reflexión crítica y originalidad.
Estructura y organización	La estructura del ensayo es confusa o caótica, dificultando la comprensión del texto.	La estructura del ensayo es clara y coherente, aunque puede presentar algunas inconsistencias.	La estructura del ensayo es clara, coherente y bien organizada, facilitando la comprensión del texto.	La estructura del ensayo es excepcionalmente clara, coherente y original, logrando una presentación innovadora y efectiva del contenido.
Redacción y ortografía	La redacción y ortografía del ensayo son deficientes, dificultando la comprensión del texto.	La redacción y ortografía del ensayo son adecuadas, aunque pueden presentarse algunos errores.	La redacción y ortografía del ensayo son correctas y fluidas, facilitando la lectura y comprensión del texto.	La redacción y ortografía del ensayo son excepcionales, demostrando un alto nivel de dominio del idioma.

Otro ejemplo de rúbrica sobre la historia de Egipto

<b>Criterios de evaluación</b>	<b>Insuficiente (0-4 puntos)</b>	<b>Suficiente (5-7 puntos)</b>	<b>Notable (8-9 puntos)</b>	<b>Sobresaliente (10 puntos)</b>
Conocimientos sobre la historia de Egipto	No hay conocimientos relevantes	Se mencionan algunos datos relevantes sobre la historia de Egipto	Se demuestra un conocimiento sólido sobre la historia de Egipto	Se presenta un conocimiento detallado y complejo sobre la historia de Egipto
Comprensión de los modelos atómicos y el espectrómetro de fluorescencia de rayos X	No se entienden los conceptos y términos fundamentales	Se comprenden de manera básica los conceptos y términos fundamentales	Se demuestra un conocimiento sólido sobre los conceptos y términos fundamentales	Se presenta una comprensión detallada y compleja de los modelos atómicos y el espectrómetro de fluorescencia de rayos X
Análisis y evaluación de los diferentes materiales	No hay análisis ni evaluación de los materiales	Se realiza un análisis básico y una evaluación simple de los materiales	Se presenta un análisis detallado y una evaluación crítica de los materiales	Se realiza un análisis profundo y una evaluación rigurosa de los materiales
Uso de la información en el diseño del proyecto	No se utilizan adecuadamente las fuentes de información	Se utilizan de manera básica las fuentes de información	Se demuestra un uso sólido y eficaz de las fuentes de información	Se presenta un uso creativo y sofisticado de las fuentes de información
Presentación y comunicación del proyecto	La presentación es confusa y poco clara, y hay errores en la comunicación del proyecto	La presentación es básica y clara, y se comunica adecuadamente el proyecto	La presentación es sólida y bien estructurada, y se comunica de manera efectiva el proyecto	La presentación es excepcional, con un diseño atractivo y una comunicación impecable del proyecto

Otro ejemplo sobre la evaluación unidad didáctica en general, evaluando distintas habilidades del alumno tan importantes como la organización, presentación, trabajo en equipo,.....:

<b>Criterios</b>	<b>Excelente (4)</b>	<b>Bueno (3)</b>	<b>Aceptable (2)</b>	<b>Insuficiente (1)</b>
Conocimientos y comprensión	Demuestra un conocimiento completo y profundo de los conceptos y temas abordados y es capaz de explicarlos con claridad y precisión.	Muestra un conocimiento sólido de los conceptos y temas abordados y es capaz de explicarlos de manera efectiva.	Demuestra un conocimiento básico de los conceptos y temas abordados, pero tiene dificultades para explicarlos con claridad.	No demuestra un conocimiento adecuado de los conceptos y temas abordados.
Habilidad para aplicar el conocimiento	El estudiante es capaz de aplicar de manera efectiva los conocimientos y las habilidades aprendidas en la unidad a situaciones nuevas y complejas.	El alumno es capaz de aplicar los conocimientos y las habilidades aprendidas en la unidad a situaciones relativamente simples y familiares, aunque puede tener dificultades para aplicarlos en situaciones más complejas o nuevas.	Tiene dificultades para aplicar el conocimiento adquirido y resolver problemas de manera efectiva.	No es capaz de aplicar el conocimiento adquirido de manera adecuada y tiene dificultades para resolver problemas.
Habilidad para analizar y sintetizar	Es capaz de analizar y sintetizar información de manera efectiva y llegar a conclusiones acertadas.	Es capaz de analizar y sintetizar información adecuadamente, aunque a veces tiene dificultades para llegar a conclusiones acertadas.	Tiene dificultades para analizar y sintetizar información y llegar a conclusiones acertadas.	No es capaz de analizar y sintetizar información de manera adecuada y tiene dificultades para llegar a conclusiones acertadas.
Habilidad para investigar y buscar información	Es capaz de realizar investigaciones y buscar información de manera efectiva, utilizando una amplia variedad de recursos.	Es capaz de realizar investigaciones y buscar información adecuadamente, aunque a veces tiene dificultades para encontrar información relevante.	Tiene dificultades para realizar investigaciones y buscar información de manera efectiva y a menudo encuentra información irrelevante.	No es capaz de realizar investigaciones y buscar información de manera adecuada y tiene dificultades para encontrar información relevante.

<b>Criterios</b>	<b>Excelente (4)</b>	<b>Bueno (3)</b>	<b>Aceptable (2)</b>	<b>Insuficiente (1)</b>
Habilidad para comunicar de manera efectiva	Se comunica de manera clara, precisa y efectiva, utilizando una amplia variedad de formatos y recursos.	Se comunica adecuadamente, aunque a veces tiene dificultades para expresarse de manera clara y precisa.	Tiene dificultades para comunicarse de manera efectiva y a menudo no logra transmitir sus ideas con claridad.	No se comunica de manera efectiva y tiene dificultades para expresarse de manera clara y precisa.
Trabajo en equipo	Contribuye de manera efectiva y colaborativa al trabajo en equipo y es capaz de trabajar bien con otros alumnos.	Contribuye adecuadamente al trabajo en equipo, aunque a veces tiene dificultades para trabajar con otros.	Tiene dificultades para contribuir al trabajo en equipo y a menudo no logra trabajar bien con otros.	No contribuye adecuadamente al trabajo en equipo y tiene dificultades para trabajar con otros.
Uso de recursos	El estudiante utiliza una amplia variedad de recursos de alta calidad de manera efectiva para apoyar su trabajo, incluyendo libros, artículos, videos y fuentes en línea.	El estudiante utiliza varios recursos de alta calidad de manera efectiva para apoyar su trabajo, incluyendo libros, artículos, videos y fuentes en línea.	El estudiante utiliza algunos recursos de calidad de manera efectiva para apoyar su trabajo, pero podría haber usado más o haberlos utilizado de manera más efectiva.	El estudiante no utiliza suficientes recursos o no los utiliza de manera efectiva para apoyar su trabajo.
Presentación	La presentación es excepcionalmente clara, organizada y profesional, con gráficos y otras herramientas visuales utilizadas de manera efectiva para comunicar la información.	La presentación es clara y organizada, con gráficos y otras herramientas visuales utilizadas de manera efectiva para comunicar la información.	La presentación es algo confusa y desorganizada, con gráficos y otras herramientas visuales utilizadas de manera limitada para comunicar la información.	La presentación es muy confusa y desorganizada, con gráficos y otras herramientas visuales no utilizados o utilizados de manera incorrecta para comunicar la información.