



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN

PROYECTO FIN DE GRADO

TÍTULO: Diseño de un recurso interactivo para el estudio de fenómenos ópticos de propagación.

AUTOR: Pilar González Sánchez

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación.

TUTOR: Miguel Ángel Del Casar Tenorio

DEPARTAMENTO: Ingeniería Audiovisual y Comunicaciones

VºBº

Miembros del Tribunal Calificador:

PRESIDENTE: Aurelio Berges García

TUTOR: Miguel Ángel Del Casar Tenorio

SECRETARIO: José María Rodríguez Martín

Fecha de lectura:

Calificación:

El Secretario,

*“No nos atrevemos a muchas cosas porque son difíciles, pero
son difíciles porque no nos atrevemos a hacerlas.”*

Séneca

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia. A mis padres, que han dedicado todo su tiempo, esfuerzo y recurso para que haya podido formarme de la mejor manera posible. Gracias por apoyarme y guiarme en todas las decisiones que ido tomando durante este tiempo. A mis hermanas, por haber sido mis referentes. Gracias por darme los mejores consejos y por apoyarme siempre.

A todos mis compañeros, algunos ya amigos, Rodrigo, Miguel F, Diego, Miguel G Leticia, Sandra, Lucia, Cristina... gracias por hacerme más ameno los días de estudio y por ayudarme siempre que lo he necesitado.

A los profesores que he tenido durante el periodo de universidad, en especial a mi tutor de Proyecto Fin de Grado, Miguel Ángel del Casar. Gracias por toda la ayuda, conocimientos y consejos que ha proporcionado a lo largo de la realización de este proyecto.

RESUMEN

A lo largo de este Proyecto Fin de Grado se desarrolla un recurso interactivo educativo sobre el principio de funcionamiento de los materiales piezoeléctricos y cómo aprovechar sus características para realizar Osciladores a Cristal.

Para ello, se ha realizado un modelado 3D utilizado para crear animaciones que, junto con una voz en off con explicaciones, diferentes diseños y esquemas formarán el recurso interactivo anteriormente citado.

La interactividad del recurso se conseguirá incluyendo al final de éste una serie de preguntas, cuyas respuestas se mostrarán pasado un tiempo para poder comprobar si se han asimilado los conceptos anteriormente explicados.

PALABRAS CLAVE

Recurso interactivo, educación, materiales piezoeléctricos, osciladores a cristal, aprendizaje.

ABSTRACT

Throughout this Final Degree Project an interactive educational resource is developed on the principle of operation of piezoelectric materials and how to take advantage of their characteristics to make Crystal Oscillators.

For this purpose, a 3D modeling has been made and used to create animations that, together with a voice-over with explanations, different designs and diagrams will form the interactive resource mentioned above.

The interactivity of the resource will be achieved by including a series of questions at the end of the resource, whose answers will be shown after some time to check if the previously explained concepts have been assimilated.

KEY WORDS

Interactive resource, education, piezoelectric materials, crystal oscillators, learning.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Agradecimientos	1
Resumen	3
Abstract.....	5
Índice de contenido.....	7
Índice de figuras	9
Lista de acrónimos.....	13
1.- Introducción	15
2.- Marco tecnológico.....	17
2.1.- Efecto piezoeléctrico	17
2.2.- Principios físicos.....	18
2.3.- Constantes características	19
2.4.-Cristal de cuarzo	21
2.4.1.- Corte AT	21
2.4.2.- Modos de vibración.....	23
2.4.3.- Encapsulado	24
2.4.4.- Símbolo eléctrico y circuito equivalente.....	25
2.4.5.- Parámetros importantes.....	26
2.5.- Oscilador a cristal	27
2.5.1.- Modos de trabajo del cristal en un oscilador	27
2.5.2.- Overtonos	28
2.5.3.- Familias Tecnológicas	29
2.5.4.- Topologías básicas	29
3.- Modelado 3D.....	31
3.1.-Historia	31
3.2.- Conceptos fundamentales	31
3.2.1.- Conceptos matemáticos	31
3.2.2.- Conceptos iniciales sobre el modelaje en 3D	32
3.2.3.- Tipos de modelado	34
3.3.4.- Renderizado	36
4.- Autodesk 3DS Max	37
5.- Edición de vídeo	39
6.- Final Cut Pro	41

7.- Recursos interactivos en la educación.....	43
8.- Desarrollo del recurso interactivo	45
8.1.- Modelado 3D	45
8.2.- Diseño diapositivas.....	48
8.3.- Creación preguntas dinámicas	49
8.4.- Grabación de voz en off.....	50
8.5.- Edición de vídeo	50
9.- Presupuesto.....	61
10.- Conclusiones	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura cristalina del cuarzo.	18
Figura 2: Estructura del óxido de silicio (SiO ₂).	18
Figura 3: Movimiento de los átomos Silicio y Oxígeno cuando le aplicamos una diferencia de potencial.	19
Figura 4: Indica la dirección según el subíndice	19
Figura 5: Ubicación de elementos específicos dentro de una pieza de cuarzo.	21
Figura 6: Ejes fundamentales del cristal.	22
Figura 7: Diagrama de los ángulos relativos en un cristal con corte “AT”.	22
Figura 8: Modos de vibración del cristal.	23
Figura 9: Ejemplo encapsulado hermético	24
Figura 10: Ejemplos de los encapsulados del cristal de cuarzo.	24
Figura 11: Símbolo eléctrico de un cristal piezoeléctrico	25
Figura 12: Equivalencias electro- mecánicas del cristal.	25
Figura 13: Circuito equivalente de un resonador piezoeléctrico (Modelo de BVD).	25
Figura 14: Overtonos.	28
Figura 15: Esquema Oscilador Pierce.	29
Figura 16: Esquema Oscilador Colpitts.	29
Figura 17: Oscilador Clapp.	30
Figura 18: Esquema Oscilador Butler.	30
Figura 19: Esquema Puerta Digital.	30
Figura 20: Sistema de coordenadas	31
Figura 21: Características de un vector	32
Figura 22: Sistema de coordenadas en función de la vista.	32
Figura 23: Vista de un objeto en los 4 visores de 3DS Max	33
Figura 24: Ejemplo de modelado de caja	34
Figura 25: Ejemplo de modelado escultórico	34
Figura 26: Ejemplo de curvas y superficies NURBS	34
Figura 27: Ejemplo de meta-objeto	35
Figura 28: Ejemplo de texto.	35
Figura 29: Logo 3DS Max 2021.	37
Figura 30: Interfaz de usuario de Final Cut Pro	41
Figura 31: Molécula de cuarzo estirada.	45

Figura 32: Molécula de cuarzo.	45
Figura 33: Molécula de cuarzo comprimida.	46
Figura 34: Cámara para captar la animación.	46
Figura 35: Modo flexión.	47
Figura 36: Modo extensión.	47
Figura 37: Modo de distorsión de cara.	47
Figura 38: Modo de distorsión de espesor.	47
Figura 39: Modo fundamental de esfuerzo de corte.	48
Figura 40: Tercer armónico del modo fundamental de esfuerzo de corte.	48
Figura 41: Interfaz Canva	48
Figura 42: Formato de las preguntas.	49
Figura 43: Formato de marcación de la respuesta correcta.	49
Figura 44: Portada del recurso interactivo.	50
Figura 45: Recurso interactivo – Historia de la piezoelectricidad	51
Figura 46: Recurso interactivo – Aplicaciones en la actualidad	51
Figura 47: Recurso interactivo – Composición molecular del cuarzo.	52
Figura 48: Recurso interactivo – Flujo de corriente eléctrica producido por una compresión o estiramiento	52
Figura 49: Recurso interactivo – Constantes características de los materiales piezoeléctricos	53
Figura 50: Recurso interactivo – Frecuencias de vibración del cristal de Cuarzo	53
Figura 51: Recurso interactivo – Pasos fabricación cristal de Cuarzo	54
Figura 52: Recurso interactivo – Corte AT	54
Figura 53: Recurso interactivo – Modos de vibración del cristal de Cuarzo	54
Figura 54: Recurso interactivo – Encapsulado del cristal de Cuarzo	55
Figura 55: Recurso interactivo – Equivalencias electro- mecánicas del cristal de Cuarzo	55
Figura 56: Recurso interactivo – Símbolo eléctrico y circuito equivalente del cristal de cuarzo.	55
Figura 57: Recurso interactivo – Parámetros importantes del cristal de Cuarzo.	56
Figura 58: Recurso interactivo – Modos de trabajo del cristal en un oscilador	56
Figura 59: Recurso interactivo – Overtonos.	56
Figura 60: Recurso interactivo – Topologías básicas	57
Figura 61: Recurso interactivo – Familias tecnológicas.	57

Figura 62: Recurso interactivo – Oscilador a cristal controlado por tensión y por temperatura.	57
Figura 63: Recurso interactivo – Instrucciones preguntas finales.....	58
Figura 64: Recurso interactivo – Portada	58
Figura 65: Recurso interactivo – Créditos Finales 1	59
Figura 66: Recurso interactivo – Créditos Finales 2	59

LISTA DE ACRÓNIMOS

PPM	Partes por millón
BVD	Butterworth- Van Dyke
3D	Tres dimensiones
FPS	Fotogramas por segundo
XO	Oscilador a Cristal
VCXO	Oscilador a Cristal controlado por Tensión
OCXO	Oscilador a Cristal controlado por Horno
TCXO	Oscilador a Cristal Compensado en Temperatura
TCVCXO	Oscilador a Cristal controlado por Tensión Compensado en Temperatura
OCVCXO	Oscilador a Cristal controlado por Tensión Compensado por Horno
MCXO	Oscilador a Cristal controlado por Microprocesador
RbXO	Oscilador a Cristal de Rubidio
NURB	Non-Uniform Rational B-spline

1.- INTRODUCCIÓN

La situación provocada por el coronavirus ha afectado al conjunto del sistema social en unos términos difíciles de imaginar. Desde el punto de vista educativo, puede decirse que pocas veces un problema ha puesto en evidencia la necesidad de dar una respuesta online.

En este contexto, uno de los elementos curriculares que más importancia han cobrado han sido los materiales didácticos. Éstos han ayudado a profesores, alumnos y familias a mantener el “ritmo” del curso a pesar de la situación.

Pero ¿qué pasará después? Algunos grupos de profesores, colectivos y movimientos de renovación pedagógica han procedido a elaborar propuestas de recursos y materiales con la finalidad de tratar de responder a los acontecimientos futuros.

Además, esta situación también ha puesto de manifiesto la brecha digital preexistente en muchas partes del mundo. La digitalización de la educación puede contribuir a reducirla en el mundo y apoyar el desarrollo de los países y la igualdad social.

La elaboración de este proyecto fin de grado tiene como objetivo contribuir a la renovación pedagógica necesaria ya antes, pero agravada por la situación actual.

Con este recurso interactivo se pretende dar soporte a profesores y alumnos, para la explicación y aprendizaje, respectivamente, del estudio de fenómenos ópticos de propagación.

En él se explica a través de dibujos, animaciones y voz los osciladores a cristal, desde el efecto piezoeléctrico, sus principios físicos, constantes características, el cristal de cuarzo como principal material piezoeléctrico hasta llegar al oscilador a cristal, sus modos de trabajo, Overtones, familias tecnológicas y sus topologías básicas.

Finalmente, se realizan una serie de preguntas que ayudarán a los alumnos a comprobar su grado de comprensión y aprendizaje sobre el tema explicado.

Para su desarrollo se han combinado diferentes herramientas: 3DS Max para el modelado 3D de animaciones, Final Cut Pro para la grabación de voz y edición de vídeo y Canva para el diseño de las diapositivas. Uniendo todas estas partes se ha conseguido el recurso interactivo presentado.

2.- MARCO TECNOLÓGICO

2.1.- Efecto piezoeléctrico

El efecto piezoeléctrico (del griego antiguo "piezein": estrechar, apretar u oprimir) fue descubierto, en torno a 1880, por Jacques y Pierre Curie cuando aplicaron una presión a un cristal de cuarzo y observaron que se establecían cargas eléctricas en éste y, por tanto, podían convertir energía eléctrica en mecánica y viceversa. [1]

Pasados varios años, el efecto piezoeléctrico tuvo su primera aplicación comercial, cuando al científico Paul Langevin se le ocurrió que se podría utilizar en detectores ultrasónicos para submarinos de la Primera Guerra Mundial. [2]

Durante la Segunda Guerra Mundial descubrieron que algunos materiales cerámicos mostraban constantes dieléctricas hasta 100 veces mayores que los cristales comunes. [3] Estos materiales, que recibieron el nombre de ferroeléctricos, fueron producidos de forma que mejoraron sus propiedades piezoeléctricas.

El desarrollo de los materiales piezoeléctricos fue dominado por grupos industriales de Estados Unidos, aunque se extendió por todo el mundo.

En 1951, varias compañías y universidades japonesas formaron una asociación para superar tanto desafíos técnicos como obstáculos de fabricación, además de, definir nuevas áreas de negocio para estos materiales. [3]

En 1965, las empresas japonesas empezaron a obtener beneficios. Japón pasó a liderar este campo desarrollando nuevas aplicaciones y áreas de negocio. [3] Después de este éxito, muchas naciones se fijaron e invirtieron en estos materiales.

Desde entonces, la utilización de este tipo de materiales ha ido en aumento. Actualmente se sigue investigando y desarrollando aplicaciones piezoeléctricas en todo el mundo.

Las propiedades que presentan los materiales piezoeléctricos hacen que su uso esté extendido en diversos campos, entre los que se encuentran [1]:

- La producción automovilística.
- La tecnología médica.
- La aeronáutica.
- La astronáutica.
- La tecnología ferroviaria.
- La biomecánica.
- La termoacústica, etc.

2.2.- Principios físicos

Para explicar los principios físicos de la piezoelectricidad se tomará como ejemplo el cuarzo.

El cuarzo, SiO_2 , es un compuesto formado por la unión mediante enlaces covalentes del silicio y el oxígeno. Cada átomo de silicio está unido a cuatro átomos de oxígeno, y cada átomo de oxígeno está enlazado a dos átomos de silicio, formando una red tridimensional infinita. [4]

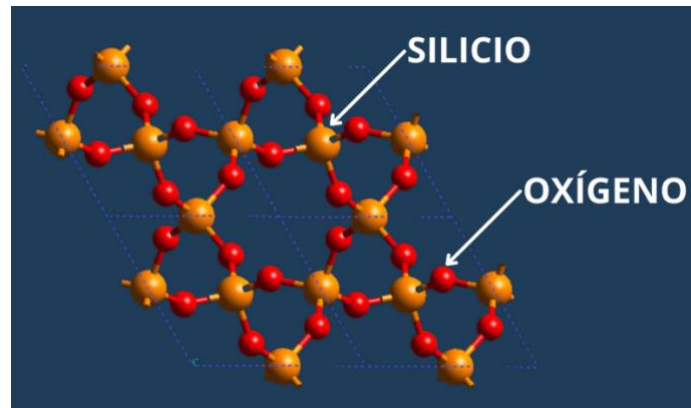


Figura 1: Estructura cristalina del cuarzo.

El silicio tiene una valencia de 4 y comparte 4 electrones con 4 átomos de oxígeno, lo que le da un total de 8 electrones por cada átomo de silicio. Sin embargo, el oxígeno tiene una valencia de 6 y comparte 2 electrones con 2 átomos de silicio para que el oxígeno tenga un total de 8 electrones. Por tanto, el silicio se representará como una carga positiva y el oxígeno como una carga negativa. [6]

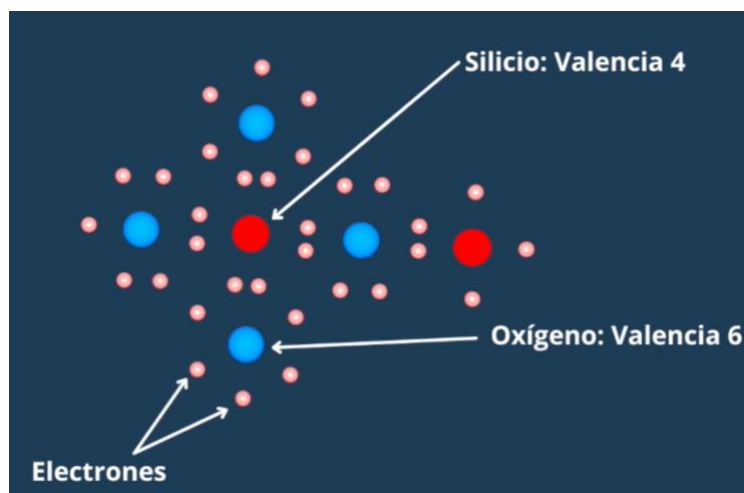


Figura 2: Estructura del óxido de silicio (SiO_2).

Cuando el cuarzo está en reposo los cristales de silicio y los átomos de oxígeno están distribuidos de manera regular hasta que es sometido a una compresión o estiramiento, entonces estos cristales se desplazan hacia el lado en el que se ejerce la fuerza, generando una diferencia de potencial. [2]

Los materiales piezoeléctricos también tienen la capacidad de hacer el efecto inverso al aplicarle un campo eléctrico alterno y generar vibraciones mecánicas.

Para que se produzca el efecto piezoeléctrico los cristales deben tener una estructura molecular sin eje de simetría central para que sus moléculas se polaricen al aplicar un esfuerzo mecánico.

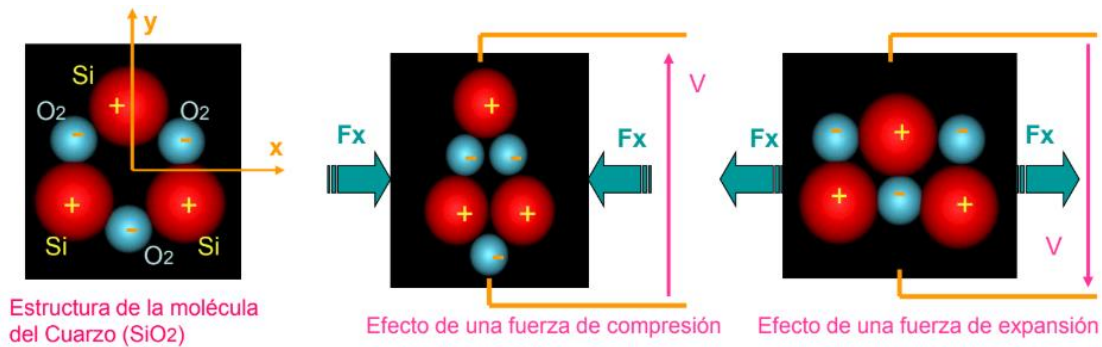


Figura 3: Movimiento de los átomos Silicio y Oxígeno cuando le aplicamos una diferencia de potencial. [8]

2.3.- Constantes características

Las constantes características de los materiales piezoeléctricos se relacionan tanto con la dirección de la fuerza mecánica o eléctrica aplicada como con las direcciones perpendiculares a las fuerzas aplicadas. Como consecuencia, generalmente cada constante presenta dos subíndices que hacen referencia a dichas direcciones.

Como se muestra en la Figura 4, la dirección de polarización positiva se hace coincidir con el eje Z. [9] La dirección X, Y o Z están representadas por el subíndice 1, 2 o 3 respectivamente, y la tensión alrededor de uno de los ejes por los subíndices 4, 5 o 6 respectivamente. [10]

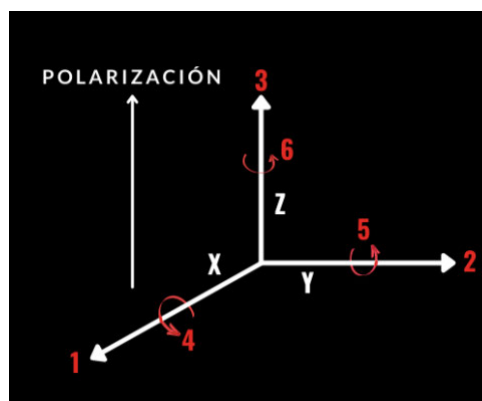


Figura 4: Indica la dirección según el subíndice.

Entre las constantes características de los materiales piezoeléctricos están: [9]

- d_{ab} : La constante de carga piezoeléctrica (d) es la polarización generada en la dirección a al aplicar un esfuerzo de tensión de 1 N/m^2 en la dirección b . La unidad de medida de la constante es C/N .
 - d_{31} : Polarización generada en la dirección 3, paralela a la dirección de polarización, por unidad de tensión aplicada en la dirección 1, perpendicular a la dirección de polarización.
 - d_{15} : Polarización generada en la dirección 1, perpendicular a la dirección de polarización, por unidad de tensión aplicada en la dirección 2, perpendicular a la dirección de polarización.
- g_{ab} : La constante de voltaje piezoeléctrico (g) es el campo eléctrico generado en la dirección a al aplicar un esfuerzo de tensión de 1 N/m^2 en la dirección b . La unidad de medida de la constante es V_m/N
 - g_{33} : Campo eléctrico generado en la dirección 3, paralelo a la dirección de polarización, por unidad de tensión aplicada en la dirección 3.
 - g_{31} : Campo eléctrico generado en la dirección 3, paralelo a la dirección de polarización, por unidad de tensión aplicada en la dirección 1, perpendicular a la dirección de polarización
- k_{ab} : El factor de acoplamiento electromecánico (k), es un indicador de la eficacia con que un material piezoeléctrico convierte la energía mecánica aplicada a la entrada en la dirección a y la energía eléctrica convertida en la dirección b .
 - k_{33} : Factor de acoplamiento para un campo eléctrico en la dirección 3, paralelo a la dirección de polarización, y vibraciones longitudinales en la dirección 3.
 - k_{31} : Factor de acoplamiento para un campo eléctrico en la dirección 3, paralelo a la dirección de polarización, y vibraciones longitudinales en la dirección 1, perpendicular a la dirección de polarización.

Hay que tener en cuenta que estos parámetros son muy complejos de determinar ya que tienen un carácter tensorial.

2.4.-Cristal de cuarzo

2.4.1.- Corte AT

Las frecuencias de vibración propias del cristal de cuarzo dependen de las dimensiones físicas del cristal, tipo de talla que se le realice, constantes de elasticidad del cristal, modo de vibración, temperatura, aceleración...

Como se acaba de mencionar la frecuencia de vibración del cristal depende del tipo de talla, es decir, del grosor de la lámina de cuarzo y de la dirección de corte del cristal original para obtener la lámina. [11]

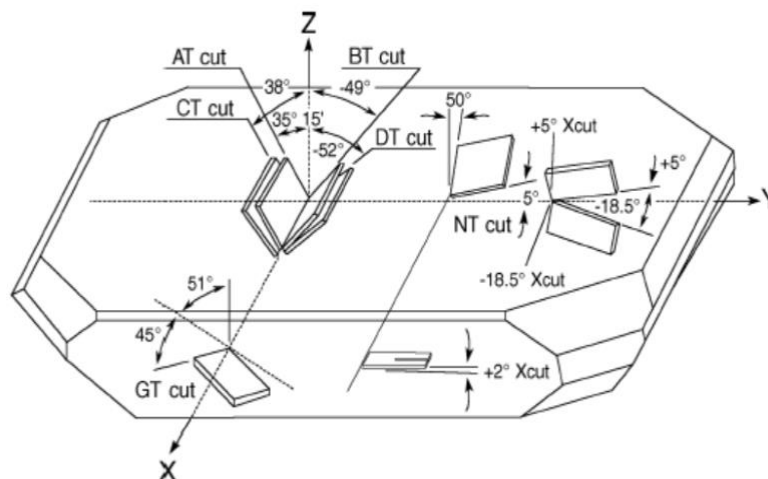


Figura 5: Ubicación de elementos específicos dentro de una pieza de cuarzo. [12]

Para la construcción de un cristal de cuarzo se siguen los siguientes pasos:

- 1) Cortar una lámina de sección próxima a la frecuencia de resonancia fundamental que se quiera obtener.
- 2) Pulir la lámina cortada, ya que es imposible conseguir la frecuencia exacta deseada con el corte.
- 3) Pulverizar y hornear unas finas películas de solución de plata en ambas caras para disponer de dos superficies de contacto (electrodos).
- 4) Soldar mediante una soldadura de bajo punto de fusión las superficies metálicas con dos alambres conductores. Éstos tienen que ser soldados en un punto llamado “nodal” donde el cristal no produzca vibración.
- 5) Encapsular en una caja hermética de vidrio, metálica u otro material adecuado.

Antes de su comercialización, se hace vibrar el cristal durante unas horas para que envejezca y se estabilice.

Todos los cristales se caracterizan por tener ciertos ejes fundamentales: óptico, eléctrico y mecánico que se corresponde con los ejes X, Y, Z que se muestra en la Figura 6 respectivamente.

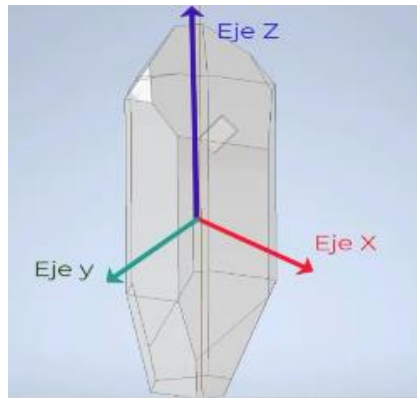


Figura 6: Ejes fundamentales del cristal. [13]

En el campo de la electrónica el corte más utilizado es AT, ya que sus características pueden ser aprovechadas para los osciladores a cristal.

Esto se debe a muestra una excelente estabilidad de frecuencia frente a las variaciones de la temperatura. Normalmente, se emplean para osciladores electrónicos que trabajan en frecuencias comprendidas entre 800 Hz y 360 MHz. [14]

En la Figura 7 se muestra la variación de frecuencia en partes por millón con respecto a la temperatura en un cristal con corte AT.

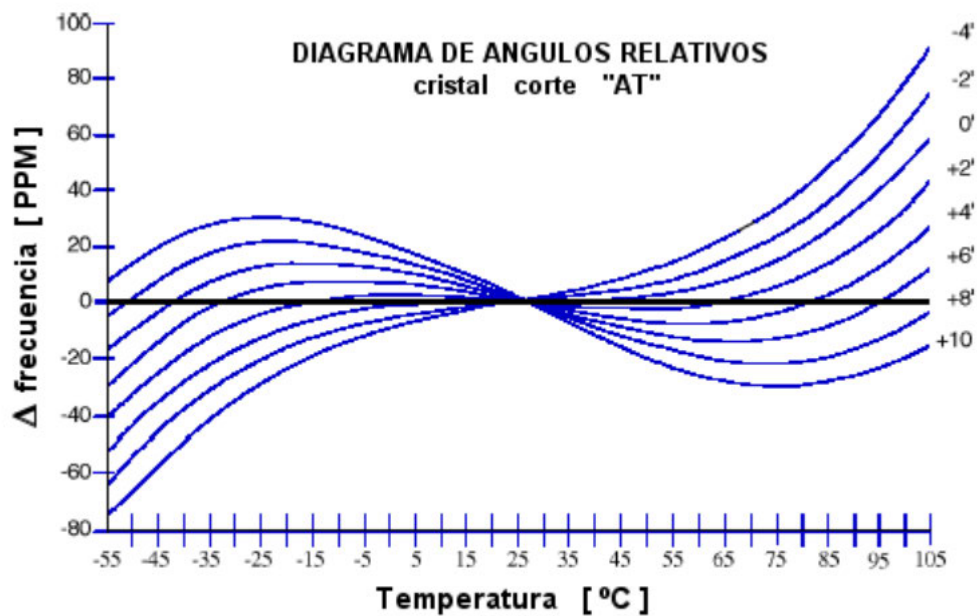


Figura 7: Diagrama de los ángulos relativos en un cristal con corte "AT". [12]

2.4.2.- Modos de vibración

Existen varios modos de vibración:

- Modo de flexión.
- Modo de extensión.
- Modo de distorsión de cara.
- Modo de distorsión de espesor.
- Modo fundamental de esfuerzo de corte.
- Tercer armónico de modo de esfuerzo de corte.

Cada modo presenta distintas características. Por ejemplo, los cristales fabricados en modo de flexión o extensión son cristales de baja frecuencia. En cambio, los del tipo de corte son los cristales de mayor frecuencia. [15]

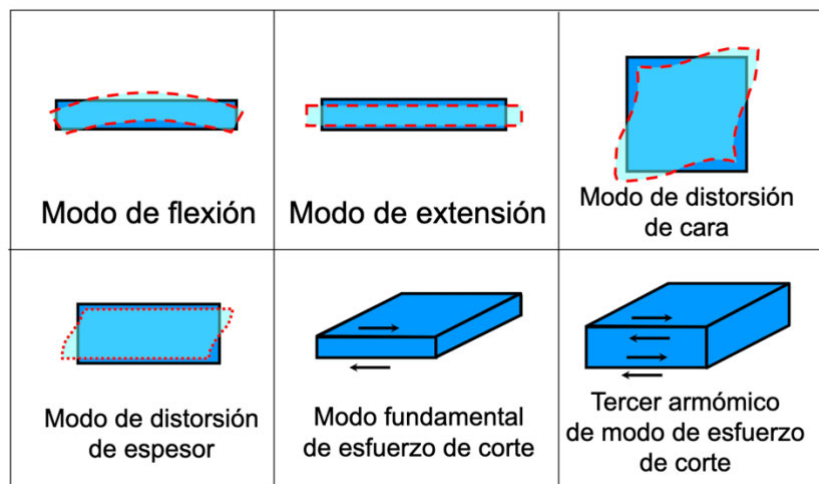


Figura 8: Modos de vibración del cristal. [16]

2.4.3.- Encapsulado

Para obtener un alto factor de calidad (Q), el resonador se instala en un sistema de suspensión de bajas pérdidas.

Para solucionar las exigencias mecánicas, choques y vibraciones, se utilizan agujas especiales para la fijación del cuarzo mediante tres o cuatro puntos. [14]

La lámina de cuarzo se protege con una cápsula hermética en la cual se hace el vacío o se rellena de gas neutro. La pureza del gas, la calidad de la hermeticidad y el estado de limpieza del interior de la cápsula influye en el envejecimiento o variación a largo plazo de la frecuencia de resonancia. [14]

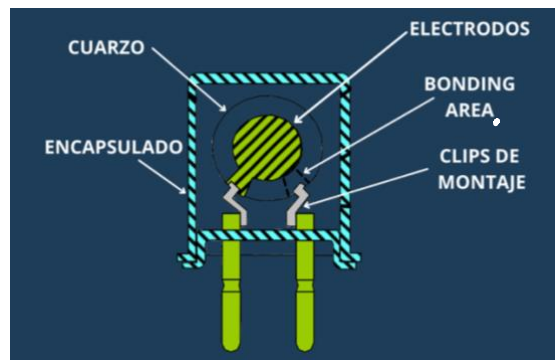


Figura 9: Ejemplo encapsulado hermético

La hermeticidad puede conseguirse de varias maneras, soldando la cubierta metálica a la base o con una soldadura eléctrica.

En la primera técnica, cuando se suelda la cubierta metálica a la base puede existir un flujo de gases emanados por el electrodo de soldadura, los cuales pueden introducirse en el interior de la cápsula, deteriorando las características de envejecimiento. Por este motivo, esta técnica se encuentra actualmente en desuso.

La soldadura eléctrica, en cambio, no presenta estos inconvenientes. La base y los bordes de la cubierta se ensamblan a presión y se realiza la soldadura con una descarga eléctrica. [14]

El tamaño de los encapsulados depende de la frecuencia de resonancia y de las aplicaciones de éste.



Figura 10: Ejemplos de los encapsulados del cristal de cuarzo. [16]

2.4.4.- Símbolo eléctrico y circuito equivalente.

Un resonador piezoeléctrico se puede modelar utilizando el circuito eléctrico o circuito Butterworth- Van Dyke (BVD). [17] A continuación, en la Figura 11 se muestra el símbolo eléctrico del cristal:

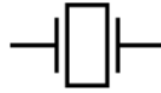


Figura 11: Símbolo eléctrico de un cristal piezoeléctrico

Antes de hablar del circuito eléctrico equivalente del cristal, es necesario ver las equivalencias electro-mecánicas como muestran en la Figura 12:



Figura 12: Equivalencias electro- mecánicas del cristal

Finalmente, el circuito eléctrico equivalente del cristal esta formado por [17]:

- C₁: Capacidad del encapsulado y terminales
- C₂: Elasticidad del cristal
- L₂: Equivalente de la masa del cristal
- R₂: Fricción entre los átomos de Si y O en la vibración

Cómo puede observarse en la figura 13:

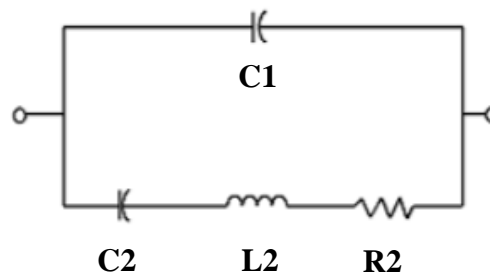


Figura 13: Circuito equivalente de un resonador piezoeléctrico (Modelo de BVD)

2.4.5.- Parámetros importantes

Los parámetros más importantes de los cristales de cuarzo son:

- Frecuencia de resonancia (1): Las frecuencias de resonancia del cristal son aquellas para las que se anula la parte reactiva de la impedancia.

$$f_{\text{resonancia}} = \frac{1}{2\pi} \left\{ \left[\frac{1}{L_1 \cdot C_1} + \frac{1}{2 \cdot L_1 \cdot C_0} - \frac{R_1^2}{2 \cdot L_1^2} \right] \pm \left(\frac{1}{2 \cdot L_1 \cdot C_0} - \frac{R_1^2}{2 \cdot L_1^2} \right) \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Tenemos dos frecuencias de resonancia en el cristal:

- Frecuencia de Resonancia Serie (f_s) (2): Tomando el signo negativo en la ecuación de arriba.

$$f_s = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{1}{L_1 \cdot C_1} \right)^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1 \cdot C_1}} \quad (2)$$

- Frecuencia de Resonancia Paralelo (f_p) (3): Tomando el signo positivo en la ecuación de arriba.

$$f_p = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{1}{L_1 \cdot C_1} + \frac{1}{L_1 \cdot C_0} \right)^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L_1} \left(\frac{C_1 + C_0}{C_1 \cdot C_0} \right)} \quad (3)$$

La frecuencia resonancia paralelo y serie pueden relacionarse aproximadamente como (4):

$$f_p = f_s \cdot \left(1 + \frac{C_1}{2 \cdot C_0} \right) \quad (4)$$

2.5.- Oscilador a cristal

Un oscilador piezoeléctrico es un circuito capaz de convertir la energía eléctrica de corriente continua en corriente alterna de una determinada frecuencia dependiente de un resonador piezoeléctrico. El elemento piezoeléctrico del oscilador es un cristal de cuarzo. [17]

2.5.1.- Modos de trabajo del cristal en un oscilador

El cristal puede emplearse de dos maneras diferentes dentro de un oscilador.

- Modo Serie: En este modo la frecuencia de trabajo del oscilador coincide con la frecuencia resonancia serie del cristal (5).

$$f_o = f_s \quad (5)$$

El cristal presenta mínima impedancia entre sus bornas, lo que permite pasar la máxima corriente. A efectos prácticos el cristal se comporta como una resistencia pura equivalente.

- Modo paralelo: La frecuencia de trabajo del oscilador estará comprendida entre la frecuencia de resonancia serie y paralelo (6).

$$f_s < f_o < f_p \quad (6)$$

En este caso, el cristal se comporta como una inductancia más una resistencia en serie, es decir, como una bobina equivalente con pérdidas.

Para que resuene hace falta poner un condensador en paralelo con el cristal. Esta capacidad se denomina “Capacidad de carga C_L ”, y su valor depende de la frecuencia de oscilación deseada.

La presencia de esta capacidad de carga modifica la frecuencia de resonancia paralelo del cristal (7), esto se conoce como “PULLING” del cristal.

$$f'_p = f_s \cdot \left[1 + \frac{C_1}{2 \cdot (C_0 + C_L)} \right] \quad (7)$$

Además, también modifica la componente resistiva que tiene el cristal entre sus terminales, la cual se denomina Resistencia Efectiva (R_e) (8).

$$R_e = R_1 \cdot \left(1 + \frac{C_0}{C_L} \right)^2 \quad (8)$$

La región de frecuencias comprendida entre las de resonancia serie y paralelo se denomina “Área de resonancia paralelo usual” o “resonancia paralelo”.

2.5.2.- Overtonos

El cristal no solo vibra a la frecuencia fundamental ya que se producen resonancias a otras frecuencias más altas debido al acoplamiento mecánico y eléctrico. Estas frecuencias tienen valores muy próximos a los armónicos impares a la frecuencia fundamental. Reciben el nombre de Overtonos.

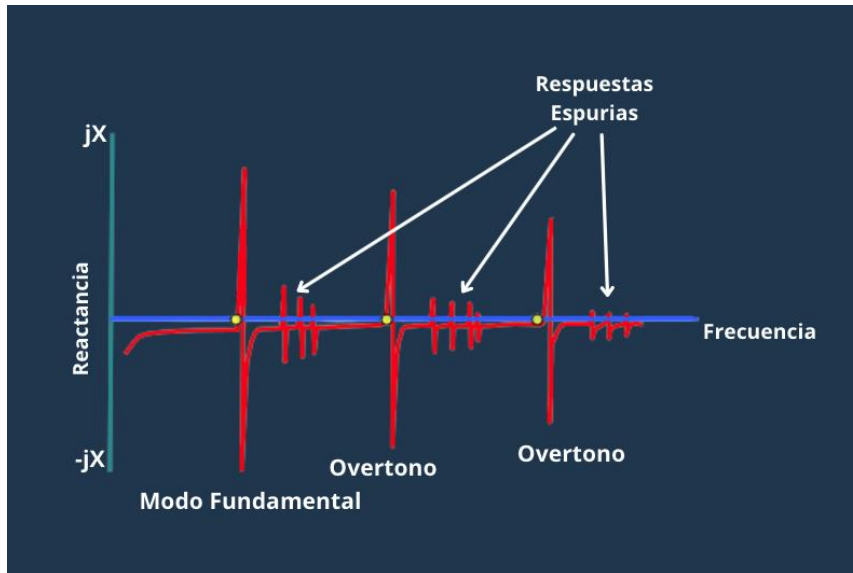


Figura 14: Overtonos

Éstos se utilizan para conseguir osciladores a cristal cuya frecuencia de trabajo fundamental sea muy alta, ya que un cristal que trabajase a esa frecuencia fundamental sería imposible fabricar debido a su extrema delgadez se rompería con facilidad al entrar en vibración. [8]

Existen también respuestas espurias, que son frecuencias de resonancia que no guardan relación armónica ni son Overtonos, es decir son energías indeseadas de poca amplitud que se generan por los acoplamientos mecánicos entre las diferentes capas del cristal.

Por ejemplo, el espesor de un cristal trabajando en fundamental a 40 MHz es de 0.0381 milímetros.

2.5.3.- Familias Tecnológicas

Existen varias familias tecnológicas de los osciladores a cristal [18]:

- XO: Oscilador a Cristal
- VCXO: Oscilador a Cristal controlado por Tensión
- OCXO: Oscilador a Cristal controlado por Horno
- TCXO: Oscilador a Cristal Compensado en Temperatura
- TCVCXO: Oscilador a Cristal controlado por Tensión Compensado en Temperatura
- OCVCXO: Oscilador a Cristal controlado por Tensión Compensado por Horno
- MCXO: Oscilador a Cristal controlado por Microprocesador
- RbXO: Oscilador a Cristal de Rubidio

2.5.4.- Topologías básicas

Existen varias topologías de osciladores a cristal.

- Oscilador Pierce: Es un circuito en el que la bobina del resonador es sustituida por un cristal de cuarzo trabajando en modo paralelo. Éste tiene mucha mayor estabilidad en frecuencia, y actúa como una bobina con un factor de calidad muy elevado. [18]

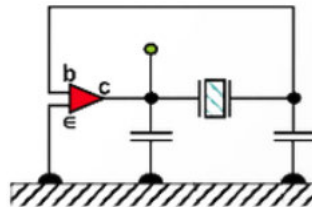


Figura 15: Esquema Oscilador Pierce.

- Oscilador Colpitts: En este oscilador el cristal sigue trabajando en modo paralelo como una bobina, pero en este caso el cristal junto con los dos condensadores forma un transformador capacitivo.

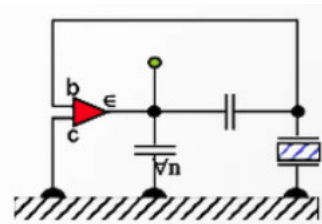


Figura 16: Esquema Oscilador Colpitts.

- Oscilador Clapp: Es una versión avanzada del oscilador Colpitts, es decir, el cristal trabaja en modo paralelo como una bobina. Presenta una mejor estabilidad de frecuencia y elimina el efecto de los parámetros del transistor y las capacitancias parásitas.

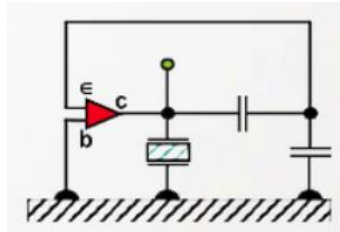


Figura 17: Oscilador Clapp.

- Oscilador Butler: En este caso el cristal trabaja en modo serie. A la frecuencia de resonancia serie el cristal se comporta como una resistencia muy pequeña (idealmente nula) por lo que se cerraría el lazo de realimentación mientras que a cualquier otra frecuencia separada de la frecuencia resonancia serie la impedancia del cristal es muy grande y por tanto no se produce realimentación y el circuito deja de oscilar.

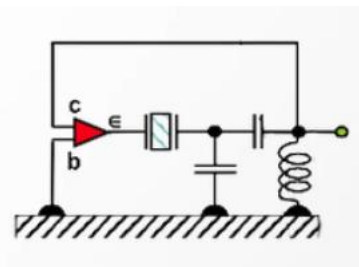


Figura 18: Esquema Oscilador Butler.

- Puerta Digital: La llegada de los sistemas digitales sincrónicos convirtió al humilde oscilador en el corazón de los modernos sistemas digitales basados en microprocesadores. Sus miles de aplicaciones han fomentado una gama extremadamente amplia de fuentes y configuraciones de osciladores con múltiples estructuras de resonador.

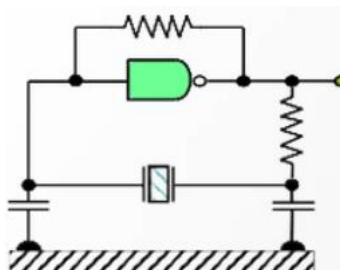


Figura 19: Esquema Puerta Digital.

3.- MODELADO 3D

3.1.-Historia

El deseo de reflejar la realidad hizo a los primeros cineastas a buscar métodos y técnicas que dotaran a las imágenes de características que las convirtieran en un reflejo de la realidad.

Es en 1985 cuando se llega a la conclusión de que la tercera dimensión podía lograrlo. Las empresas pioneras en el software de gráficos 3D fueron las aeronáuticas debido, entre otras razones a su poder económico.

Pronto se aplica en el campo de la creatividad, dando lugar al primer largometraje de animación generado por ordenador en 1995. [18] Hay que tener en cuenta que estas técnicas habían sido utilizadas años antes para dar vida a algunos personajes.

La industria del modelado 3D ha ido evolucionando a lo largo de los años, estando ahora en su mejor momento.

3.2.- Conceptos fundamentales

3.2.1.- Conceptos matemáticos

Es necesario conocer algunos conceptos geométricos para poder comunicarnos de un modo correcto en el mundo 3D. [18]

Un sistema de coordenadas es un conjunto de valores que permiten definir la posición de cualquier punto en el espacio respecto del origen (0,0,0). [19]

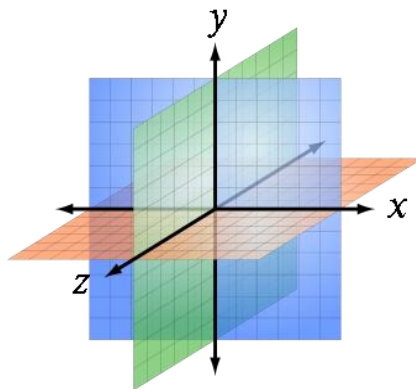


Figura 20: Sistema de coordenadas. [20]

Un vector es todo segmento de recta dirigido en el espacio. [19] Sus características son:

- Origen: Punto sobre el que actúa el vector.
- Módulo: Longitud del vector.
- Dirección: Orientación de la recta que contiene al vector.
- Sentido: Se indica mediante una punta de flecha situada en el extremo.

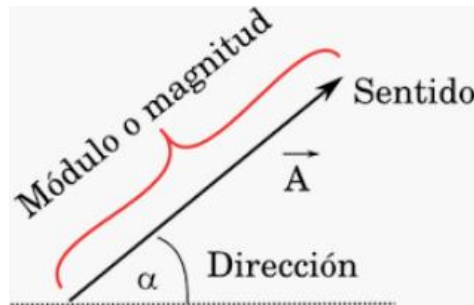


Figura 21: Características de un vector. [21]

Un segmento es una parte de una recta que queda entre dos puntos. [19] Un polígono es una figura plana y cerrada formada por tres o más segmentos de línea unidos por sus extremos. [22]

3.2.2.- Conceptos iniciales sobre el modelaje en 3D

Una escena puede identificarse con las coordenadas en 3 dimensiones del espacio en el cual tiene lugar la renderización (explicada a continuación). [18]

- 1) Sistemas de coordenadas de la vista Top (desde arriba).
- 2) Sistema de coordenadas de la vista Front (de frente).
- 3) Sistema de coordenadas de la vista Left (desde la izquierda).
- 4) Sistemas de coordenadas de la vista Perspectiva.

En la Figura 22 se puede observar un sistema de coordenadas en función de las vistas.

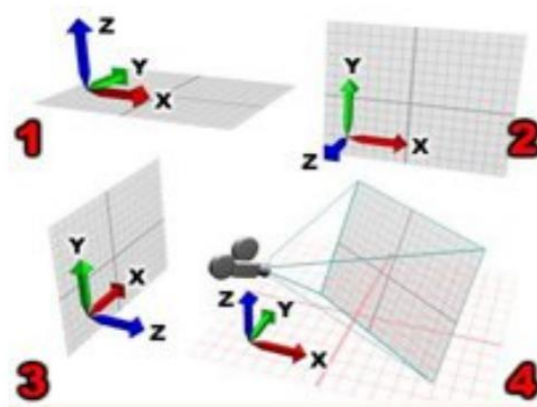


Figura 22: Sistema de coordenadas en función de la vista.

La escena en 3D es el archivo que contiene toda la información para identificar y posicionar todos las luces, modelos y cámaras. La escena debe estar correctamente iluminada para obtener realismo. Dicho realismo también se consigue mediante materiales y texturas.

El render es una imagen digital que se crea a partir de modelo o escenario 3D. [23] Una secuencia continua de renders es una animación.

Hay que diferenciar entre transformar o modificar cuando se realiza un modelado en 3D de un objeto. Transformar es mover, rotar, escalar, etc. Mientras que modificar es aplicar funciones que curvan, achatan, afilan, etc. [18]

Otro concepto imprescindible son los visores, que muestran el entorno en apariencia tridimensional desde diferentes puntos de vista.

En los programas de modelaje 3D tendremos cuatro visores por defecto que muestran:

- 1) Planta: Escena desde arriba.
- 2) Sección lateral: Escena desde la parte izquierda.
- 3) Sección frontal: Escena desde la parte frontal.
- 4) Desde una perspectiva cualquiera de la escena.

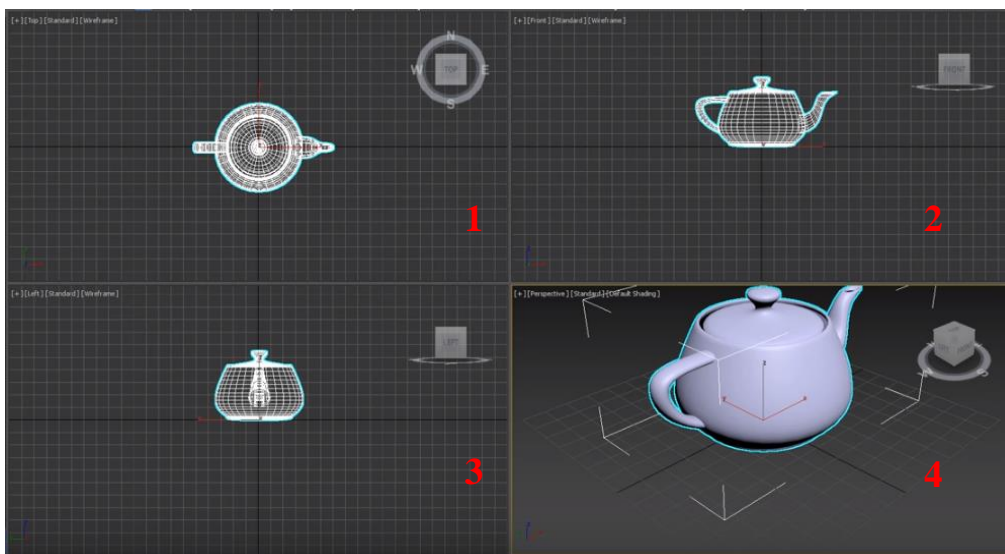


Figura 23: Vista de un objeto en los 4 visores de 3DS Max

3.2.3.- Tipos de modelado

- Modelado de caja: A partir de una figura prediseñada y añadiendo distintas piezas geométricas se consigue el modelo deseado.

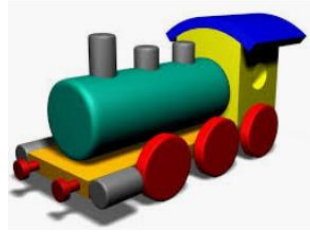


Figura 24: Ejemplo de modelado de caja. [24]

- Modelado escultórico: Se comienza también con una figura prediseñada, pero en este caso se la somete a presión, estiramiento, aplastamiento... hasta conseguir la figura deseada.



Figura 25: Ejemplo de modelado escultórico. [25]

- Superficies y curvas NURB (non-uniform rational B-spline): Se pueden controlar determinados contornos del objeto que se va a diseñar mediante la definición de curvas de cierta complejidad. Se definirán los parámetros del objeto y éste se generará. [26]

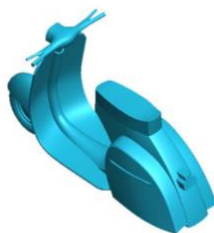


Figura 26: Ejemplo de curvas y superficies NURBS. [27]

- Meta-objetos: Trabaja con objetos que se comportan como gotas de mercurio cuando se aproximan entre sí.

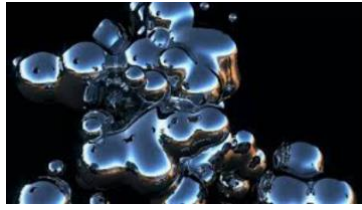


Figura 27: Ejemplo de meta-objeto. [28]

- Textos: Se puede dar un grosor a un texto de forma rápida para poder convertirlo en un objeto 3D.



Figura 28: Ejemplo de texto. [29]

- Otras técnicas como partículas fluidos: Se emplean diversas técnicas para crear cuerpos blandos, emisiones de partículas, etc.

3.3.4.- Renderizado

El renderizado 3D genera una imagen digital a partir de un modelo en tres dimensiones. Se trata de generar una imagen realista desde cualquier perspectiva del modelo. [26]

Las técnicas de renderizado han ido variando con el paso del tiempo. Sin embargo, no ha variado su objetivo, capturar una imagen basándose en la incidencia de la luz sobre el mismo. [30]

Juega un papel muy importante en la realización de vídeos, ya que permite crear escenas con distintos tipos de objetos y situaciones que serían imposibles en el mundo real, por ejemplo, seres fantásticos. [26]

Los softwares de renderizado 3D son los encargados de calcular la influencia de la luz en la escena de una forma lo más real posible.

Existen dos tipos de renderizado:

- El Pre- Renderizado: Es utilizado en animaciones y efectos que requieren complejidad visual y realismo muy alto. Requiere programas de edición de vídeo.
- Renderizado en tiempo real: Utilizado en videojuegos y gráficos interactivos. En este caso las imágenes con información deben computarse a una gran velocidad. [31]

Se pueden emplear distintas técnicas para llevar a cabo el renderizado:

- Rasterización: Los objetos que se ven en la pantalla se crean a partir de una malla de triángulos virtuales, con los que se crean modelos tridimensionales de los objetos. [32]
- Ray Tracing ("*Trazado de rayos*"): Reproduce los efectos que crea la luz al rebotar en los objetos reales, teniendo en cuenta que la luz puede ser bloqueada por algunos objetos creando sombras
- Radiosidad: Simula el color de las superficies por la iluminación indirecta. Se caracteriza por las sombras suaves graduadas. [31]

4.- AUTODESK 3DS MAX

Para desarrollar el modelado 3D de los elementos utilizados para la realización del recurso interactivo se utilizará el programa de modelado 3DS Max 2021. Éste es un software de modelado y renderización que se aplica en muchos campos industriales, de arquitectura, en videojuegos entre otros muchos. [33]



Figura 29: Logo 3DS Max 2021. [33]

Permite realizar varias de las etapas del proceso de animación: previsualización, diseño, cámaras, modelado, texturizado, animación, efectos visuales, iluminación y renderizado.

Es utilizado en el mundo profesional, siendo una parte importante en la producción de juegos y películas.

Entre las características que presenta están: [34]

- Herramientas de animación y manipulación de personajes.
- Renderizado 3D.
- Simulación de una cámara física.
- Interfaz de usuario y flujo de trabajo.
- Conversor de escenas.
- Espacios de trabajo personalizables.
- Uso de diferentes técnicas de modelado de líneas y superficies.
- Modelado, texturizado y efectos en 3D.

5.- EDICIÓN DE VÍDEO

Antes de empezar con la edición de un vídeo es importante conocer algunos conceptos mínimos: [35]

- Resolución: Es la relación entre el número de píxeles en los que se divide la pantalla en vertical y horizontal (horizontal x vertical). [36] Un píxel es la menor unidad de color que conforma una imagen digital, ya sea una fotografía, vídeo o fotograma. [37]
- Aspecto: Dividiendo ambos números (horizontal/vertical) nos encontramos con la relación de aspecto. Hay muchas relaciones de aspecto, pero las más comunes son 4:3, 16:9, 16:10 y 17:9. [36] Actualmente, los vídeos son un rectángulo con una proporción de 16:9, es decir, por cada 9px de altura tendrá 16px de ancho. [35]
- Fotograma por segundo (fps) o frames (fotogramas): Son las imágenes que captura la cámara por cada segundo con el objetivo de simular el movimiento. [38]

6.- FINAL CUT PRO

Finalmente, la edición del recurso interactivo en forma de vídeo presentado en este trabajo fin de grado se ha realizado con Final Cut Pro.

Final Cut Pro es una aplicación de edición de vídeos desarrollada por Macromedia y posteriormente por Apple. Dicha aplicación solo funciona en dispositivos que funcionen con el sistema operativo Mac OS X a partir de su versión 10.6.7.

Editar contenido, reproducirlo en alta definición, montar y organizar los clips multimedia, añadir efectos visuales, crear títulos y subtítulos y añadir efectos al audio son sólo algunas de las acciones que puedes llevar a cabo con esta aplicación.

Final Cut Pro presenta una interfaz bastante sencilla e intuitiva: [39]

- 1) Barra lateral izquierda: Organización de librerías, acceso a fotos, audio y títulos.
- 2) Buscador: Visualización y selección de los clips para el uso en el proyecto.
- 3) Visor: Reproducción de eventos, proyectos o clips individuales.
- 4) Línea de tiempos (Timeline): Crear películas añadiendo, ordenando y editando los clips.

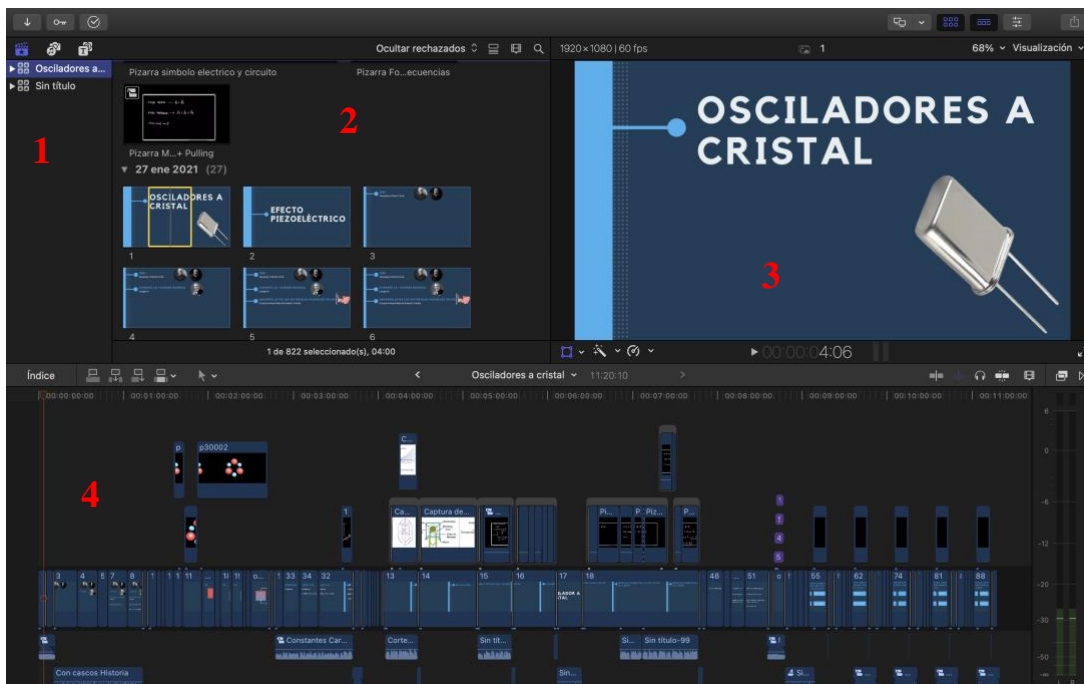


Figura 30: Interfaz de usuario de Final Cut Pro

La línea de tiempos tiene la característica de ser magnética, esto permite que los clips se vayan conectando uno tras otro. Si se arrastra un clip fuera de su sitio, los clips circundantes se acercan para llenar el espacio. [40]

7.- RECURSOS INTERACTIVOS EN LA EDUCACIÓN

Un recurso didáctico se define como “cualquier recurso que el profesor prevea emplear en el diseño o desarrollo del currículum para aproximar o facilitar los contenidos, mediar en las experiencias de aprendizaje o provocar encuentros o situaciones para facilitar o enriquecer la evaluación”. [41]

Actualmente la utilización de recursos y materiales didácticos se ha vuelto casi imprescindible a la hora de impartir una clase. [42] Éstos pueden ayudar tanto a profesores como a alumnos a conseguir un ambiente en el que aprender es más atractivo y motivador.

Además, proporcionan una mejor comprensión de información al alumnado, despiertan la motivación y crean un interés por el tema a desarrollar, ayudan a evaluar el nivel de aprendizaje del alumno, etc. [43]

8.- DESARROLLO DEL RECURSO INTERACTIVO

El desarrollo del recurso interactivo para explicar los fenómenos ópticos de propagación consta de varias fases.

- 1) Recopilación de toda la información que se va a incluir en el recurso interactivo y cuál va a ser el aspecto de este, imágenes, animaciones, etc.
- 2) Modelado 3D con 3DS Max del comportamiento de los átomos de Silicio y Oxígeno para explicar los principios físicos de la piezoelectricidad.
- 3) Crear con Canva las diapositivas que van a formar parte del recurso interactivo y que separarán las partes de este.
- 4) Grabación de la voz en off con Final Cut Pro.
- 5) Edición del vídeo, uniendo imágenes, animaciones, voz, música, animaciones, etc.
- 6) Renderización del vídeo y últimos ajustes.

8.1.- Modelado 3D

Tanto los átomos de Silicio como los de Oxígeno han sido representados por esferas, los de Silicio representados por las esferas de color rojo y los de Oxígeno por las azules.

Cuando son sometidos a una fuerza de compresión y expansión se genera una diferencia de potencial. Los movimientos de compresión y expansión se han conseguido añadiendo movimientos constantes, repetidos durante un tiempo determinado en todas las esferas.

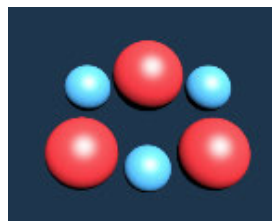


Figura 31: Molécula de cuarzo estirada.

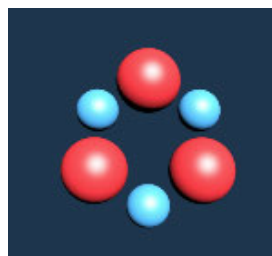


Figura 32: Molécula de cuarzo.

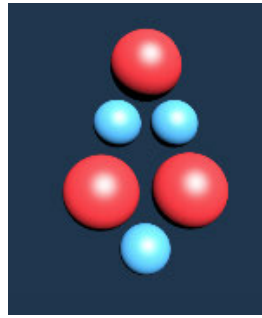


Figura 33: Molécula de cuarzo comprimida.

El siguiente paso es añadir una cámara. En este caso se ha elegido una cámara de tipo física. La imagen captada por dicha cámara será la que finalmente se renderiza para conseguir la animación final que estamos buscando.

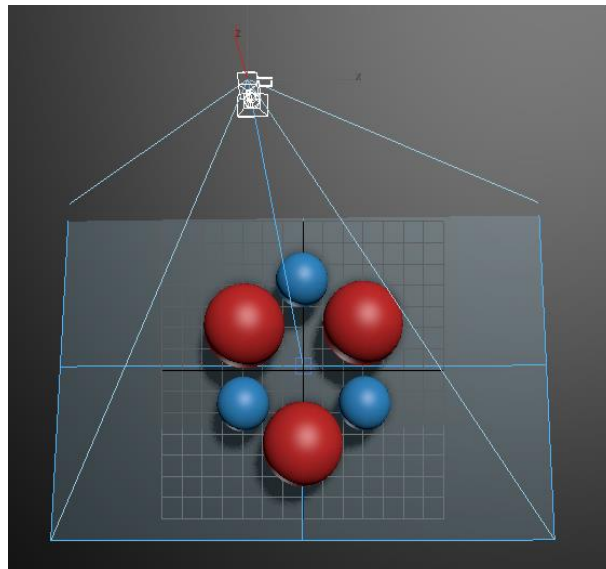


Figura 34: Cámara para captar la animación.

El siguiente modelado en 3D se realiza para representar los modos de vibración del cristal de cuarzo, es decir, modo de flexión, extensión, de distorsión de cara, de distorsión de espesor, fundamental de esfuerzo de corte y tercer armónico de modo de esfuerzo de corte.

En todos los casos el cristal se representa con caja, a la que se le aplica la textura de un cristal de cuarzo a partir de una imagen de éste.

En el caso de los modos de flexión, extensión, distorsión de cara y distorsión de espesor se utilizan polígonos editables para poder simular los movimientos de vibración a lo largo de la línea de tiempo.



Figura 35: Modo flexión.



Figura 36: Modo extensión.



Figura 37: Modo de distorsión de cara.

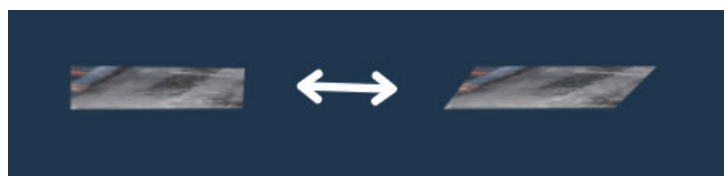


Figura 38: Modo de distorsión de espesor.

En el caso del modo fundamental de esfuerzo de corte y tercer armónico de modo de esfuerzo de corte, se utilizan varias cajas enlazadas entre si a las que se le aplica un movimiento horizontal opuesto entre las contiguas.

Cómo en el modelado anterior se añade una cámara de tipo física y se realiza el renderizado de las imágenes captadas por la cámara.



Figura 39: Modo fundamental de esfuerzo de corte.

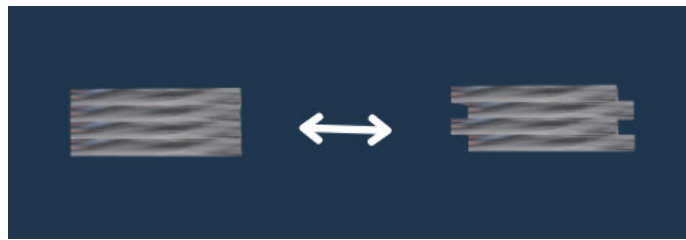


Figura 40: Tercer armónico del modo fundamental de esfuerzo de corte.

8.2.- Diseño diapositivas

Para el diseño de las diapositivas se ha utilizado Canva. Es una web de diseño gráfico y composición de imágenes que ofrece herramientas online para crear tus diseños desde cero o utilizando una de las plantillas que ofrece.

En este caso, se ha utilizado una plantilla de diseño, “Blue Gray Pens Technology Presentation”, la cual ha sido modificada para conseguir los diseños deseados.



Figura 41: Interfaz Canva

8.3.- Creación preguntas dinámicas

Al final del vídeo interactivo, se muestran un total de 5 preguntas, cuyo formato se muestra en las Figura 42.

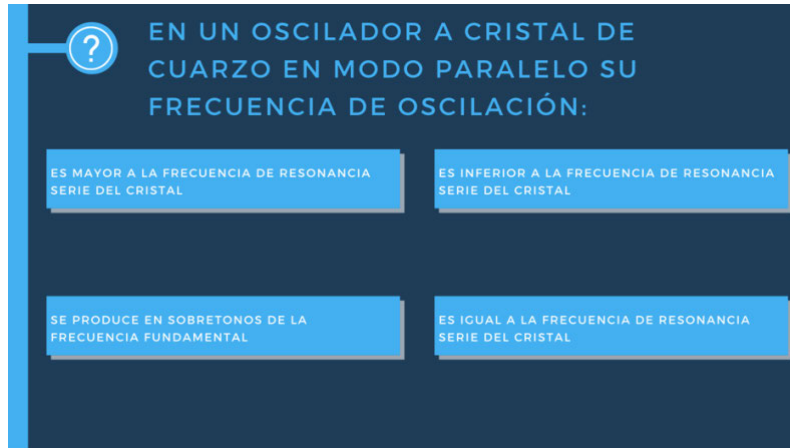


Figura 42: Formato de las preguntas.

Cada pregunta consta de cuatro respuestas y sólo una correcta. La respuesta correcta aparecerá en verde, cómo puede verse en la Figura 42, transcurridos 10 segundos desde que se lee la última opción.

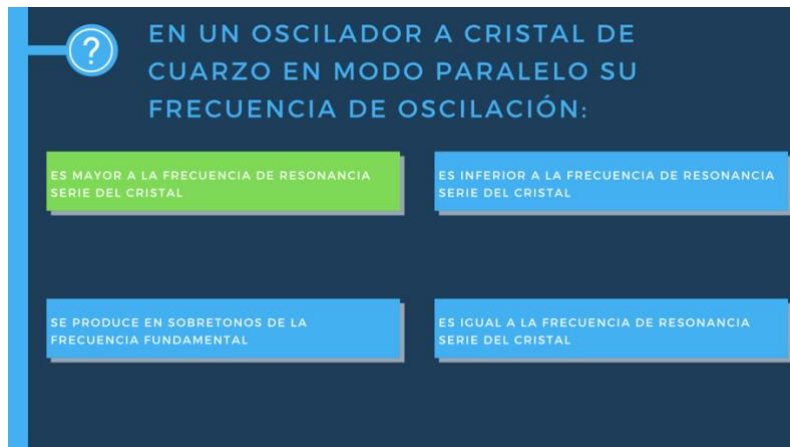


Figura 43: Formato de marcación de la respuesta correcta.

8.4.- Grabación de voz en off

El siguiente paso es la grabación de la voz en off con las explicaciones de la historia, principios físicos, constantes características, etc.

La grabación de la voz en off se ha realizado con la grabadora incluida en Final Cut Pro. Una vez grabada, pueden aplicarse diferentes efectos como distorsiones en la voz, cambio en la ganancia del sonido, entre otros. En este caso se ha utilizado el cambio en la ganancia de la voz para conseguir que todas las grabaciones tengan la misma.

8.5.- Edición de vídeo

Por último, en la creación del recurso interactivo está la edición del vídeo. A continuación, se explicarán los pasos seguidos para unir todos los elementos que formarán parte del vídeo.

El vídeo estará formado por los siguientes apartados.

1. Introducción al vídeo, en la que se muestra el nombre del creador, el tutor, la universidad y el tema a tratar en el vídeo, en este caso los osciladores a cristal.



Figura 44: Portada del recurso interactivo.

2. Historia de la piezoelectricidad, se explicará cómo se descubrió el fenómeno, quiénes lo descubrieron y cómo evolucionó a lo largo del tiempo hasta las aplicaciones que tienen en la actualidad.



Figura 45: Recurso interactivo – Historia de la piezoelectricidad



Figura 46: Recurso interactivo – Aplicaciones en la actualidad

3. Principios de la piezoelectricidad. Se toma como ejemplo el cuarzo, explicando desde su composición molecular, hasta qué ocurre cuando éste es sometido a una compresión o estiramiento. Para ello, se incluirá el modelado 3D creado anteriormente con la herramienta 3DS Max.

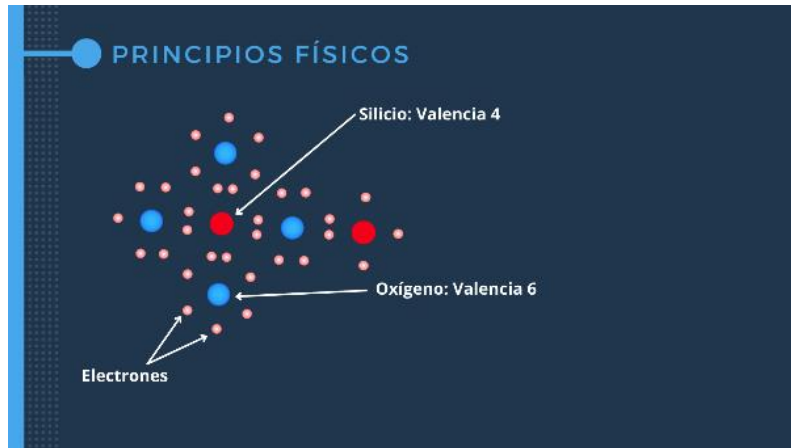


Figura 47: Recurso interactivo – Composición molecular del cuarzo

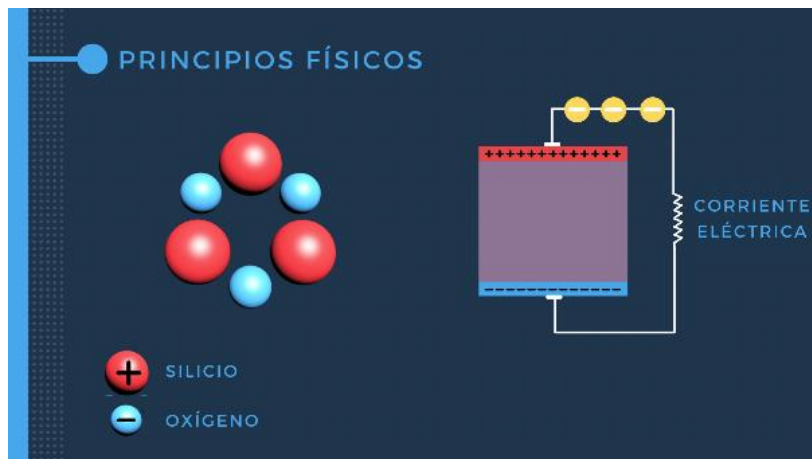


Figura 48: Recurso interactivo – Flujo de corriente eléctrica producido por una compresión o estiramiento

4. Constantes características de los materiales piezoeléctricos: constante de carga piezoeléctrica (d), constante de voltaje piezoeléctrico (g) y el factor de acoplamiento electromecánico (k), indicando el significado de los subíndices que presentan estas constantes y que hacen referencia a la relación entre la dirección de la fuerza mecánica o eléctrica aplicada y las direcciones perpendiculares a dichas fuerzas.

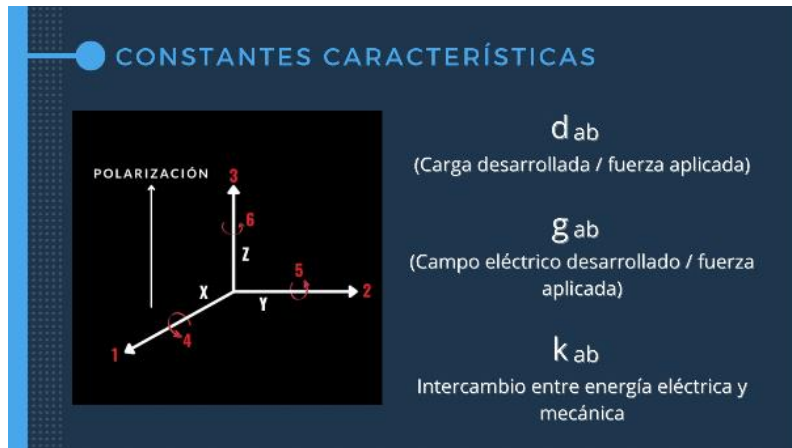


Figura 49: Recurso interactivo – Constantes características de los materiales piezoeléctricos

5. Cristal de cuarzo. Explicación de la frecuencia de vibración, pasos para su construcción, los tipos de talla, la talla AT, modos de vibración, encapsulado, símbolo eléctrico, equivalencias electro-mecánicas, circuito equivalente y parámetros importantes.

Todas las explicaciones que contengan fórmulas, símbolos o circuitos eléctricos se realizarán simulando que éstos están siendo escritos en una pizarra.



Figura 50: Recurso interactivo – Frecuencias de vibración del cristal de Cuarzo



Figura 51: Recurso interactivo – Pasos fabricación cristal de Cuarzo

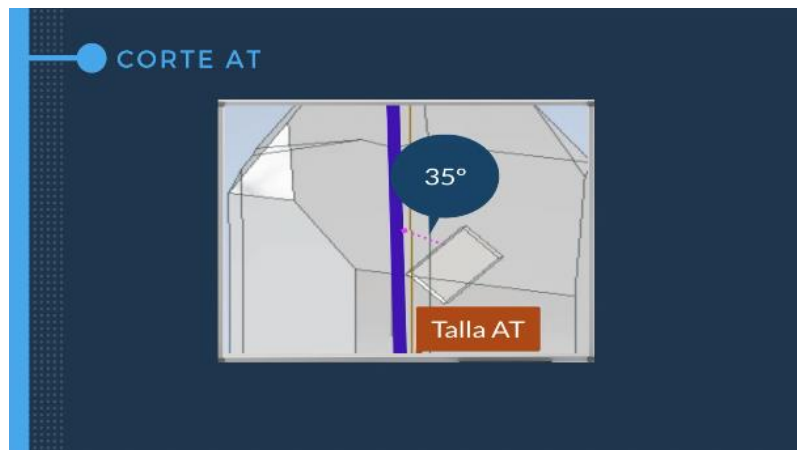


Figura 52: Recurso interactivo – Corte AT



Figura 53: Recurso interactivo – Modos de vibración del cristal de Cuarzo

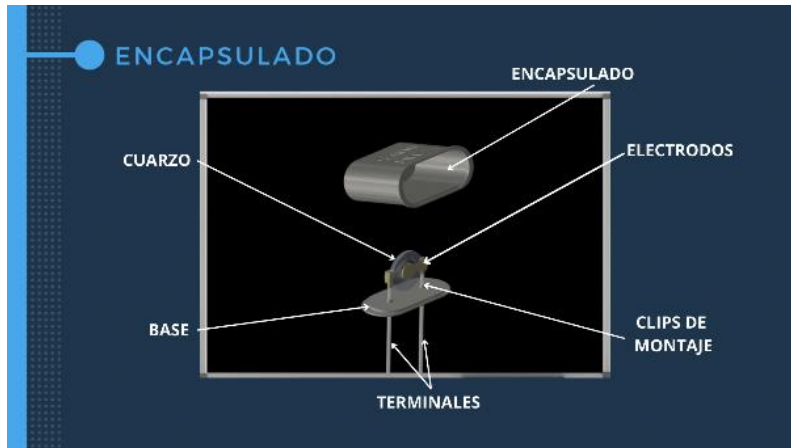


Figura 54: Recurso interactivo – Encapsulado del cristal de Cuarzo



Figura 55: Recurso interactivo – Equivalencias electro- mecánicas del cristal de Cuarzo

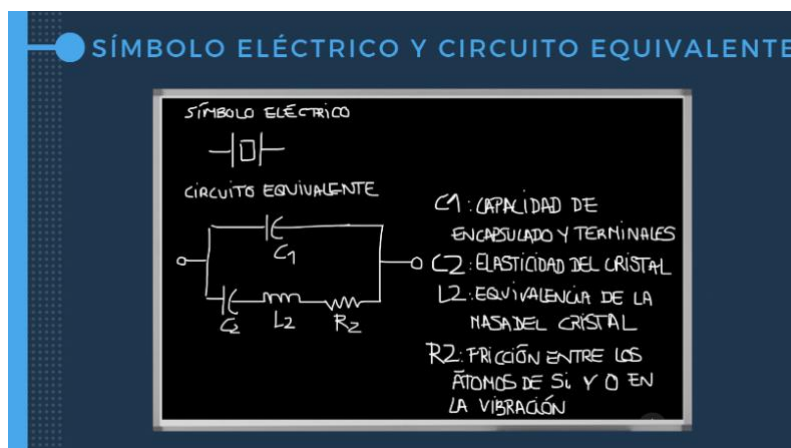


Figura 56: Recurso interactivo – Símbolo eléctrico y circuito equivalente del cristal de cuarzo

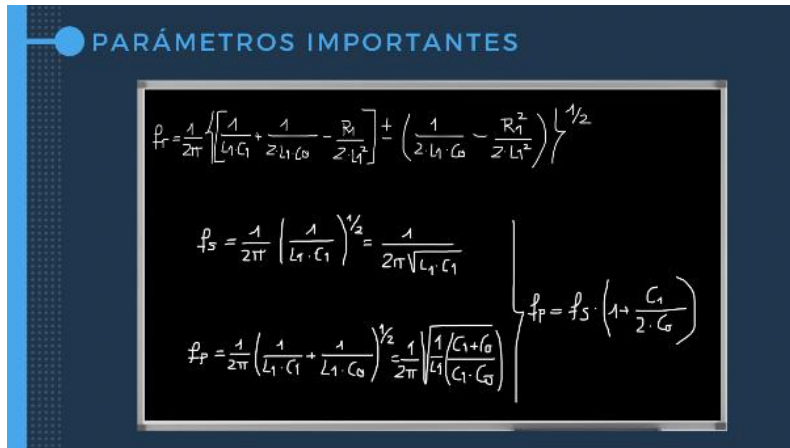


Figura 57: Recurso interactivo – Parámetros importantes del cristal de Cuarzo

- Oscilador a cristal: modos de trabajo del cristal en un oscilador, Overtones, topologías básicas, familias tecnológicas e interior de un oscilador a cristal controlado por tensión y por temperatura para mostrar los elementos que los forman.

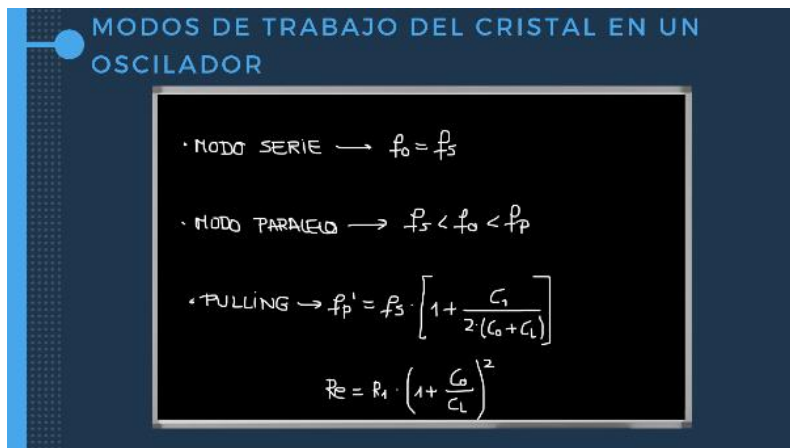


Figura 58: Recurso interactivo – Modos de trabajo del cristal en un oscilador

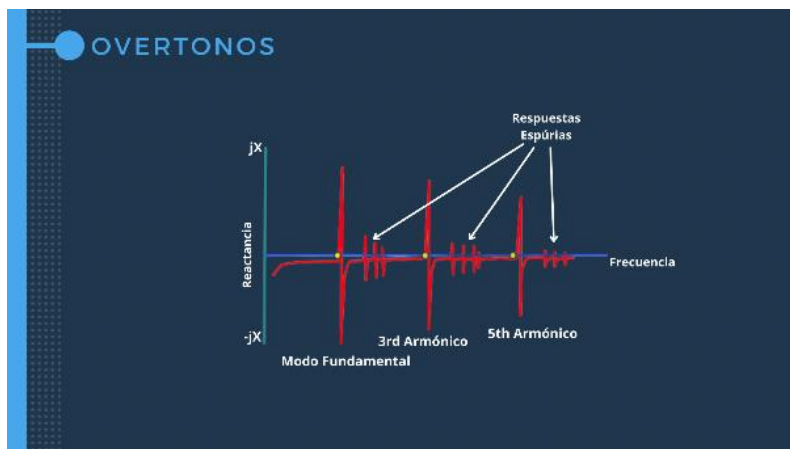


Figura 59: Recurso interactivo – Overtonos

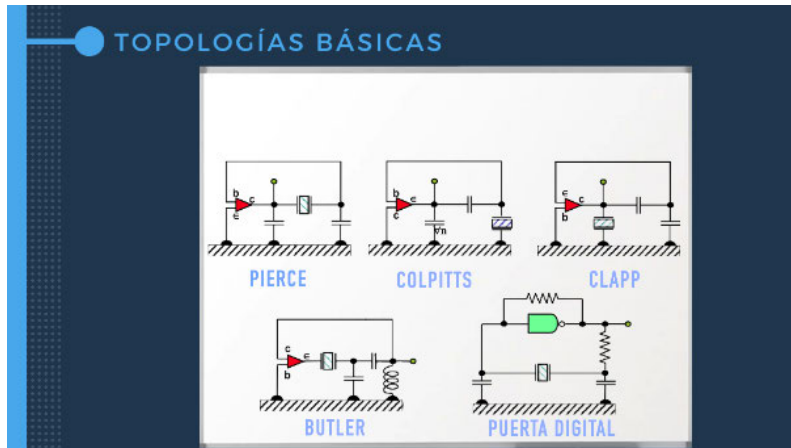


Figura 60: Recurso interactivo – Topologías básicas

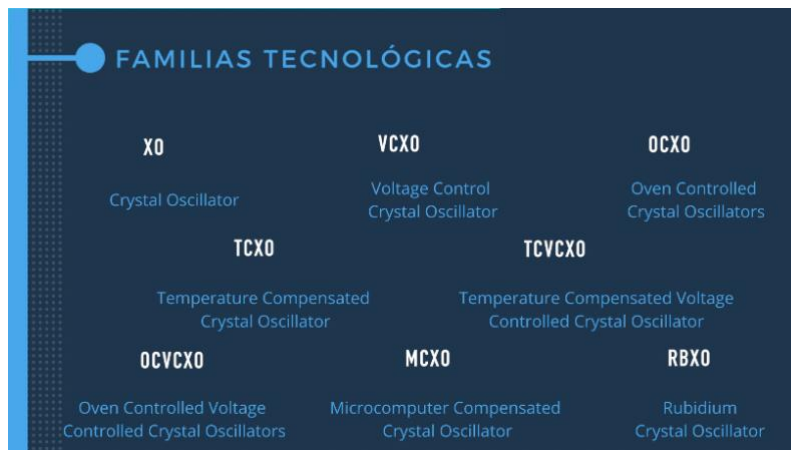


Figura 61: Recurso interactivo – Familias tecnológicas



Figura 62: Recurso interactivo – Oscilador a cristal controlado por tensión y por temperatura.

7. Preguntas finales sobre lo explicado anteriormente en el recurso interactivo. Formato explicado anteriormente en el apartado 8.3.- Creación preguntas dinámicas.

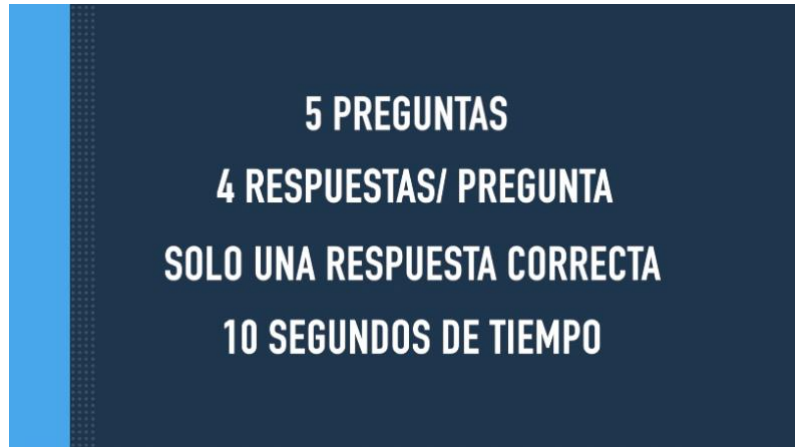


Figura 63: Recurso interactivo – Instrucciones preguntas finales

El siguiente paso es unir las grabaciones en off a las diferentes partes del vídeo y modificar la ganancia de todas las grabaciones para que tengan el mismo volumen a lo largo del vídeo.

A continuación, añadimos las transiciones para separar los distintos puntos que forman el vídeo. La transición elegida ha sido el Movimiento- Intercambio. En estas transiciones se ha añadido una música instrumental de fondo.

Para finalizar con la edición se ha creado:

- Una portada de inicio dónde se indica el título del trabajo fin de grado, el nombre del alumno, tutor, escudo de la universidad y del centro.



Figura 64: Recurso interactivo – Portada

- Créditos finales con el título del trabajo fin de grado, nombre de la escuela y de la universidad, alumno, tutor, programas utilizados para la realización de éste y bibliografía.

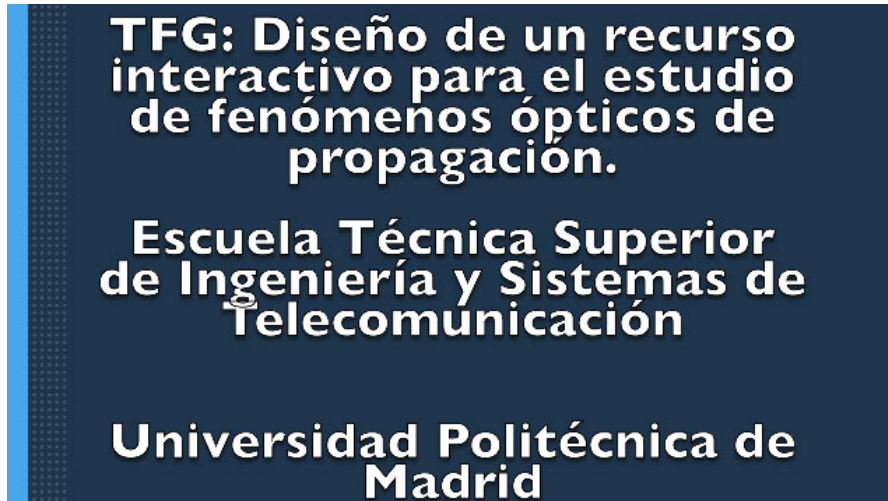


Figura 65: Recurso interactivo – Créditos Finales 1

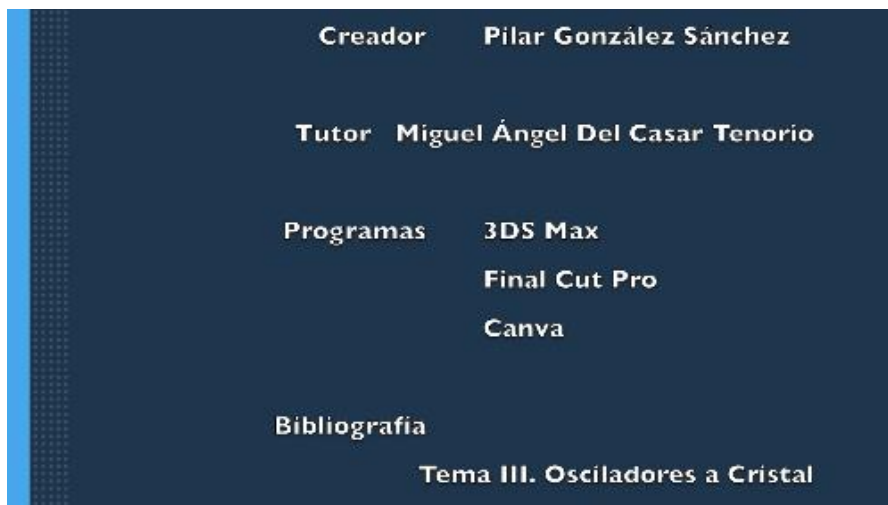


Figura 66: Recurso interactivo – Créditos Finales 2

9.- PRESUPUESTO

El software necesario para la realización de este proyecto es:

- 3DS Max
- Canva
- Final Cut Pro
- Microsoft Word

Y el hardware:

- Ordenador con sistema operativo Windows (para 3DS Max)
- Ordenador con sistema operativo IOS (para Final Cut Pro)

Para la realización de este trabajo fin de grado se ha hecho uso de las licencias proporcionadas por la Universidad y por la Escuela, tanto de 3DS Max como Microsoft Office 365 para la utilización de Microsoft Word.

En el caso de Final Cut Pro y Canva se ha utilizado la licencia de prueba gratuita de 90 días y la versión gratuita respectivamente.

En el caso de no poder acceder a las licencias gratuitas el coste de cada uno de los programas utilizados es:

- 3DS Max: 266,20€/ mes.
- Canva: 11,99€/ mes.
- Final Cut Pro: 329,99€ Pago único.
- Microsoft Word (Microsoft 365 Personal): 7€/mes.

El hardware utilizado para la realización de este proyecto ha sido un ordenador Hp Pavilion y un MacBook Pro (2016) de 13 pulgadas, pero podría realizarse con cualquier otro ordenador que tuviera sistema operativo Windows e IOS.

10.- CONCLUSIONES

Tal y como se mencionaba en el capítulo introductorio de este Proyecto Fin de Grado, los recursos interactivos en la educación han cobrado una gran importancia debido a la situación sanitaria actual.

La necesidad de dar una respuesta educativa online ha despertado aún más el interés por el desarrollo de recurso interactivos en este campo. Éstos sirven para dar soporte a la comunidad educativa, tanto alumnos como profesores, para poder desarrollar las tareas de una forma más fácil y dinámica.

En este Proyecto Fin de Grado se ha abordado el tema de los Osciladores a Cristal. Para ello, se ha tomado como referencia el temario sobre Osciladores a Cristal impartido en la asignatura Electrónica de Comunicaciones I del Grado en Ingeniería y Sistemas de Telecomunicaciones.

El recurso interactivo desarrolla, como se muestra en los puntos anteriores, comienza realizando un viaje a través e la historia de la piezoelectricidad, en la que se basa el funcionamiento de los osciladores a cristal. A continuación de han explicado sus principios, características, constantes, modos de trabajo hasta llegar a los osciladores a cristal, sus diferentes familias y topologías.

Al final de este, los alumnos pueden comprobar su grado de comprensión sobre el tema tratado a través de cinco preguntas con cuatro respuestas y solo una correcta.

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. C. R. y. F. J. E. Garza, «Actuadores piezoeléctricos,» 2000.
- [2] A. E. F. Galeano, «Estudio de sensores piezoeléctricos en aplicaciones de medición de fuerza,» Valencia, 2018.
- [3] «Materiales piezoeléctricos,» Boletín vt, 2010.
- [4] «Experimentos Cientificos,» [En línea]. Available: <https://www.experimentoscientificos.es/enlace-covalente/>.
- [5] «xtal.iqfr.csic,» [En línea]. Available: https://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/parte_01.html.
- [6] Y. R. Nava, «slideshare,» 2012. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/yazminramosnava/capitulo-2-parte42>.
- [7] A. E. F. Galeano, «Estudio de sensores piezoeléctricos en aplicaciones de medición de fuerza,» Valencia, 2018.
- [8] M. Á. d. C. Tenorio, «Tema III- Osciladores a cristal,» 2013.
- [9] «americanpiezo,» [En línea]. Available: <https://www.americanpiezo.com/knowledge-center/piezo-theory/piezolectric-constants.html>.
- [10] L. G. Estévez, «Estudio del comportamiento estructural de un elemento de generación piezoeléctrico tipo Bridge para ser implementado en carretera. Simulaciones numéricas,» Barcelona, 2020.
- [11] L. S. Pérez, «Ea4nh,» [En línea]. Available: <http://www.ea4nh.com/articulos/cuarzo/cuarzo.htm>.
- [12] «Ingelek,» [En línea]. Available: http://www.ingelek.com.ar/carrera/Quinto/aplicada3/apuntes/teoria_osciladores_con_cristal/oscilador_con_cristal_de_cuarzo.htm.
- [13] L. M. Vega Fidalgo y D. Zorita Téllez, «lpi.tel.uva,» [En línea]. Available: https://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_03_04/infra_y_ultra/index.htm.
- [14] C. M. y. I. Pérez, «Dispositivos Piezoeléctricos utilizados en Electrónica de Radiofrecuencia,» Cádiz, 1993.
- [15] U. N. -. O. S. (R-12), «UTN – FRM,» [En línea]. Available: <http://www1.frm.utn.edu.ar/aplicada3/apuntes/unidad2.pdf>.
- [16] «Electronicos Caldas,» [En línea]. Available: <https://www.electronicoscaldas.com/es/cristales-de-cuarzo-y-resonadores-ceramicos/125-cristales-de-cuarzo.html>.

- [17] P. H. Costas, «Diseño y caracterización de un circuito electrónico oscilador en puente activo a 9MHZ para su utilización como sensor QCM de alta resolución,» Vigo, 2016.
- [18] J.H.Riaza, «Icemd,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.icemd.com/digital-knowledge/articulos/modelado-3d-que-es-como-funciona-y-la-vida-mas-alla-de-pixar/>.
- [19] J. P. P. y. M. Merino, «Definicion.de,» 2011. [En línea]. Available: <https://definicion.de/coordenada/>.
- [20] «Wikipedia,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_coordenadas.
- [21] «Lenguaje matematico de la fisica,» [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/lenguajematematicodelafisica/vectores-y-escalares>.
- [22] N.O.Torregrosa, «Docplayer,» 2017. [En línea]. Available: <https://docplayer.es/40628361-Un-vector-geometrico-es-un-segmento-de-recta-dirigido-en-el-plano-o-el-espacio-euclidiano.html>.
- [23] N.T.Costa, «Mailxmail,» [En línea]. Available: <http://www.lmi.ub.edu/cursos/masteres/c6/trabajos/landaverde/conceptosbasicos.html>.
- [24] C. González, «mvblog,» 2011. [En línea]. Available: <https://www.mvblog.cl/tutoriales3d/3dsmax/3dsmax-modelado-primitivas/>.
- [25] L. Davi, «descargas.pntic.mec,» [En línea]. Available: http://descargas.pntic.mec.es/mentor/visitas/DemoModeladoBlender/111_tipos_de_modelado.html.
- [26] «Arquing-mexico,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.arqing-mexico.com/renders/qu%C3%A9-es-un-render/>.
- [27] G. d. A. 3. M. M. T. 7. N. Scooter(1), «multimedia.uoc.edu,» [En línea]. Available: http://multimedia.uoc.edu/guias/3DS-MAX/IBE/3DSMAX_Modelado-07-IBE.pdf.
- [28] D. Gangl, «descargas.pntic.mec,» [En línea]. Available: http://descargas.pntic.mec.es/mentor/visitas/DemoModeladoBlender/111_tipos_de_modelado.html.
- [29] marianoezekielc, «Foro3d,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.foro3d.com/f112/tutorial-para-principiantes-hacer-texto-3d-84548.html>.
- [30] «Guía de Aprendizaje. 3DS MAX: Modelado,» [En línea]. Available: http://multimedia.uoc.edu/guias/3DS-MAX/IBE/3DSMAX_Modelado-07-IBE.pdf.

- [31] F.Barber, «Coco School,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.cocoschool.com/que-es-renderizado-3d/>.
- [32] «Arteneo,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.arteneo.com/blog/renderizado-3d-render-3d-cursos-madrid/>.
- [33] J.Gomar, «Profesional review,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.profesionalreview.com/2018/09/11/que-es-la-rasterizacion/>.
- [34] «La Educación en la era Digital,» 2019. [En línea]. Available: <https://ayto-torrijos.com/herramientas/que-es-3d-studio-max-y-para-que-sirve/>.
- [35] R. Mar, «Informático de Guardia,» 2017. [En línea]. Available: <https://andalinux.wordpress.com/2017/10/31/conceptos-basicos-para-aventurarnos-en-la-edicion-de-video/>.
- [36] G. A. González, «Definición ABC,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.definicionabc.com/tecnologia/resolucion-video.php>.
- [37] «Red Gráfica,» [En línea]. Available: <https://redgrafica.com/que-es-un-pixel/>.
- [38] «Popcorn Studio,» [En línea]. Available: <https://www.popcornstudio.es/que-es-frame-rate>.
- [39] «Apple,» [En línea]. Available: <https://support.apple.com/es-lamr/guide/final-cut-pro/ver92bd100a/10.5.1/mac/10.15.6>.
- [40] A. Pedersen, «AulaFacil,» [En línea]. Available: <https://www.aulafacil.com/cursos/edicion-de-video/final-cut-pro-x/la-linea-de-tiempo-131826>.
- [41] F. d. E. d. C. d. Andalucía, «La importancia de los recursos didácticos en la enseñanza,» Temas para la educación, 2009.
- [42] J. C. S. Ramos, «Importancia del uso de recursos didácticos en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias biológicas para la estimulación visual del estudiantado,» Revista Electrónica Educare, 2017.
- [43] ErvinC, «miportal.edu.sv,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.miportal.edu.sv/blogs/blog/ErvinC/didactica-general/2011/12/09/la-importancia>.
- [44] «Kistler,» [En línea]. Available: <https://www.kistler.com/es/glosario/termino/efecto-piezoelectrico/>.

