



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Máster

Título

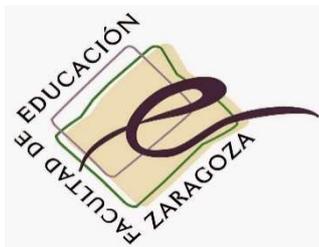
Aula de Desarrollo de Capacidades

Autor

José Antonio Latorre Megino

Directora

Sonia Val Blasco



FACULTAD DE EDUCACIÓN

2019

## Índice

1	Introducción .....	3
2	Definición de Desarrollo de Capacidades .....	4
3	Justificación .....	5
4	Objetivos .....	6
5	Estado del arte .....	7
6	Metodología .....	9
6.1	Flujograma .....	10
6.2	Procedimiento de identificación y seguimiento del alumnado .....	11
6.3	Procedimiento de formación y funcionamiento de los grupos .....	11
6.4	Desarrollo del proyecto .....	11
6.5	Planificación de las actividades .....	12
6.6	Definición de actividades .....	13
6.7	Conexión con la Unidad Didáctica .....	14
7	Evaluación .....	16
7.1	Indicadores de evaluación del ADC .....	16
7.2	Procedimientos de seguimiento y evaluación del proyecto ADC .....	17
7.3	Riesgos del proyecto .....	18
7.4	Análisis de la evaluación de alumnos .....	18
8	Cronograma .....	20
9	Recursos .....	21
10	Conclusiones .....	22
11	Líneas futuras .....	24
12	Bibliografía y webgrafía .....	25
13	Anexos .....	27
	Anexo I: Juego de palillos	
	Anexo II: Ejercicios de criptografía	
	Anexo III: Escape room	
	Anexo IV: Guía didáctica del “Nanomartes”	
	Anexo V: Encuesta preparada	
	Anexo VI: Resultados de la encuesta	
	Anexo VII: Ejemplo de rúbrica	

## 1 Introducción

El objeto de este trabajo es la innovación en el campo educativo en cuanto al desarrollo de las capacidades cognitivas de los alumnos en la enseñanza secundaria de nuestro país. Está basado en la implementación de un proyecto puesto en marcha recientemente en el IES El Portillo, llamado Aula de Desarrollo de Capacidades y que ha causado especial atracción, tanto por las actividades llevadas a cabo, como por el interés y atención del alumnado que ha participado en ellas.

Este interés contrasta con la falta de motivación detectada en las clases normales por parte de la mayoría de los alumnos, siendo éste un tema de fuerte debate en los claustros y reuniones de departamentos docentes, y revela que la forma de impartir las clases “curriculares”, por decirlo de alguna forma, quizás no esté siendo la adecuada en general.

Los estudiantes muestran una mayor atención cuando las clases tratan de temas que les sorprenden, que les hacen despertar su curiosidad, que les muestran el camino de su propio aprendizaje, que pueden ver y tocar el resultado de sus experiencias en el aula, en lugar de la tradicional clase magistral en la que el profesor explica sus temas y ellos escuchan, sin mayor interacción que preguntar dudas de vez en cuando.

El hecho de dedicar este proyecto al Aula de Desarrollo de Capacidades (ADC) viene determinado por la necesidad detectada, de normalizar este tipo de enseñanza, darla a conocer, potenciarla en lo posible, ampliando horarios, aportando materiales y posibles actividades y buscar su reconocimiento en la sociedad general.

## 2 Definición de Desarrollo de Capacidades

La definición de Desarrollo de Capacidades puede ser muy amplia, pero poco concisa en algunos aspectos, por lo que se refleja lo dicho por los propios docentes que ahora mismo forman parte del programa llevado a cabo en los centros. De esta manera, lo definen como “*proceso de identificación de capacidades, potenciación y puesta en valor de las mismas*”. También se puede caracterizar en cuanto a su finalidad de “*abrir a los alumnos al pensamiento lateral o divergente, descubrir opciones posibles en la resolución de problemas, favorecer la imaginación, no tener miedo a la equivocación y ayudar al razonamiento*”.

El programa propuesto pretende desarrollar al máximo posible las capacidades y expectativas del alumnado que destaca por su elevado rendimiento escolar o por su capacidad especial en algún área del currículo. También trata de estimular a aquel alumnado que pueda manifestar desinterés por sus logros escolares, al percibir que no se valoran sus capacidades, y de hacer llegar a toda la comunidad educativa lo que se trabaja en el aula.

El proyecto de “Desarrollo de Capacidades” puede formar parte del plan de atención a la diversidad del centro, implicando así al resto del profesorado en el mismo, a través de la Comisión de Coordinación Pedagógica y el Claustro. Afecta el programa a todos los alumnos de ESO y Formación Profesional y está abierto a los de Bachillerato si estuvieran interesados.

Dadas las características del centro en cuestión y su amplia diversidad, tanto de capacidades del alumnado como de nacionalidades (en el momento de redactar este proyecto son 36), con este programa se pretende mejorar la integración, la convivencia y el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Desarrollar una capacidad exige aprovechar repetidas oportunidades de poner en juego las destrezas disponibles en situaciones que requieran utilizarlas de modo estratégico cuidando de que existan aspectos diferentes y novedosos entre una y otra oportunidad (MINISTERIO DE EDUCACION, 2010. *El desarrollo de capacidades en la Escuela Secundaria, 1, 68*).

Todas las definiciones encontradas (Horton et al., 2008), (Ferreya & Molinolo, 2016), (Ministerio de Educación, 2010) al respecto tienen en común las siguientes características:

- El desarrollo de capacidades es un proceso continuo.
- Propone aumentar la capacidad para funcionar autónomamente y llevar a cabo los objetivos propuestos.
- Se aumenta la habilidad de aprender y de afrontar las dificultades.
- Favorece el manejo y control de la actualidad, así como su preservación en el futuro.

### 3 Justificación

Este proyecto surge de la necesidad detectada en las juntas de evaluación, de proponer alternativas para los alumnos que se aburren en las clases normales, debido a sus capacidades, por encima de la media, y al bajo nivel académico existente en los centros. Con anterioridad, existían muchos proyectos en los institutos para alumnado con capacidades o conocimientos por debajo de lo normal, pero no en sentido contrario.

El proyecto no se enmarca dentro de una asignatura concreta, sino que propone una serie de objetivos de forma transversal que se verán a continuación en este mismo informe.

El planteamiento inicial para su puesta en marcha parte de esa necesidad percibida, como se ha comentado, pasando por la propuesta al Claustro de Profesores, que debe aceptarlo y trasladarlo a la Dirección para su aprobación. Además, debe ser aprobado por el Consejo Escolar y transmitirse al Servicio Provincial del Departamento de Educación, Cultura y Deporte correspondiente. A partir de ahí, se debe informar y solicitar el permiso de las familias para la participación de sus hijos o tutelados en el programa, seleccionar a los alumnos en la evaluación de inicio del curso o bien continuar con los que han participado ya en el curso anterior, avisar a los tutores (para que informen a los respectivos profesores de las materias correspondientes) de que los alumnos aprobados para el programa saldrán de sus clases a ciertas horas o bien formarán parte de actividades extraescolares fuera del horario.

En los equipos deportivos de alta competición, los responsables de la cantera de jóvenes jugadores poseen test de coordinación, flexibilidad, resistencia, etc., para detectar las capacidades diferentes de cada integrante del equipo, y en función de los resultados, aplicarle a cada uno, una tabla de ejercicios individualizados que mejoren las deficiencias detectadas. Algo similar, a nivel educativo, se podría conseguir con programas como el Aula de Desarrollo de Capacidades en los centros escolares.

Sin embargo, por mucho que se disponga de medios, métodos y programas, no se debe olvidar que la motivación es el factor más importante a la hora del aprendizaje, y ésta, debe salir del propio estudiante, es decir, debe ser intrínseca en cada cual, para que se pueda aprovechar la enseñanza ofrecida en un alto porcentaje. Es muy importante conocer a las personas, ver lo que les motiva y observar en qué son buenos; a partir de ahí la motivación viene, por un lado, desde el exterior, pero sobre todo desde el interior, por la autodeterminación a mejorar.

El conocimiento del alumnado es, por tanto, crucial, y a ello se debe dedicar, tanto la evaluación inicial, como las primeras sesiones del Aula de Desarrollo de Capacidades. Cuanto mejor se conozca el perfil de los estudiantes, mejor se podrá adaptar a ellos la enseñanza que se les vaya a proporcionar.

## 4 Objetivos

El objetivo principal de este Trabajo Fin de Máster es el de diseñar un programa de Aula de Desarrollo de Capacidades que permita la implantación del mismo en aquellos centros en los que no esté implementado.

Los objetivos que se deberían cumplir con este programa son:

- motivar a los alumnos que van bien en los estudios
- enseñarles a enseñar a los compañeros (pues está demostrado que es como más aprende uno mismo)
- desarrollar mayor libertad en el proceso enseñanza-aprendizaje, basado en experiencias educativas diferentes a las habituales
- inculcar espíritu de investigación desde el deseo por aprender de otra manera
- favorecer la creatividad y la inteligencia emocional, pero sin perder el control de ciertas rutinas que son necesarias para el aprendizaje

Los objetivos educativos se plantean pensando en capacidades; entendiendo por capacidad el potencial o la aptitud que posee una persona para llegar a la adquisición de nuevos conocimientos y habilidades, o, dicho de otra forma, las posibilidades que cada alumno posee, puede desarrollar y que le van a permitir incorporar aprendizajes nuevos.

También se pueden destacar como finalidades del mismo, la implantación del aprendizaje cooperativo y las metodologías activas de enseñanza, así como, evitar el abandono escolar prematuro y el fracaso escolar, aumentando la calidad de la educación en los centros.

La propia normativa anteriormente referida (MINISTERIO DE EDUCACION, 2010. *El desarrollo de capacidades en la Escuela Secundaria, 1, 68*) señala como objeto de este programa, “*ampliar la atención educativa del alumnado que destaca por su elevado rendimiento escolar o por su capacidad especial en algún área del currículo. Se trata de estimular a los alumnos que podrían manifestar desinterés por sus logros escolares al percibir que no se valoran sus capacidades*”.

El fin último, por supuesto, es el propio aprendizaje del individuo, y como tal, se debe tender a la individualización de éste. Cuantas más opciones y más métodos de enseñanza se pongan sobre la mesa, más posibilidades habrá de que los alumnos se enganchen a los contenidos, desarrollen sus competencias y aprovechen todo el tiempo que pasan dentro de las aulas.

## 5 Estado del arte

Desde el curso 2007/2008, el Departamento de Educación, Cultura y Deporte, a través de la Dirección General de Innovación, Equidad y Participación, promueve en Aragón la participación de los centros sostenidos con fondos públicos en el programa Desarrollo de Capacidades (Educación & Deporte, 2007). En la actualidad existen 82 centros en Aragón que están desarrollando dicho programa, con lo que se puede ver la importancia de este tipo de educación en los diferentes colegios e institutos de la región.

La Orden ECD/1818/2018, de 31 de octubre (Educación & Deporte, 2019), resuelve la convocatoria de centros públicos participantes en el programa en este curso. En dicha orden, se establece que el Proyecto de Desarrollo de Capacidades debe incorporarse a la Programación General Anual y que el Equipo Directivo será responsable de su seguimiento.

Por tanto, se aprecia que este proyecto consta de un marco normativo, y que, en los distintos centros, son los equipos directivos, los encargados de su supervisión, lo que da un alcance de la importancia del mismo.

Comenzó el programa en 4 colegios de primaria de Zaragoza en el año 2008:

- Ceip Eugenio López y López
- Ceip La Jota
- Ceip Parque Goya
- Ceip Puerta Sancho

Posteriormente, se fue ampliando a muchos más centros, con horarios más amplios, ya que el mismo profesor imparte varias materias y es más sencilla la coordinación de horarios para este programa, en el caso de la educación inicial obligatoria.

Son numerosos los Colegios e Institutos que actualmente lo incorporan en la documentación de su página web, ya sea como información a las familias o como reclamo publicitario de la calidad de su enseñanza.

El propio CAREI (Centro Aragonés de Recursos para la Educación Inclusiva) en su página web <http://carei.es/institucionales/programa-desarrollo-de-capacidades/> (CAREI, n.d.) dispone del listado de centros en los que el programa está en funcionamiento.

No existe demasiada bibliografía referida al desarrollo de las capacidades en sí, sino más bien para casos concretos (Horton et al., 2008), en términos matemáticos o lingüísticos (Ferreya & Molinolo, 2016), para educación superior universitaria o para altas capacidades, alumnos con necesidades especiales diagnosticadas de educación especial, que no se abordan en este informe.

Este programa se diseña para alumnos aventajados, cuyo nivel está por encima del resto de sus compañeros y la pretensión del mismo es un cambio en la metodología de la propia enseñanza. En ningún caso, está pensado para alumnos superdotados, cuya

inteligencia y talento sobresalga, no ya comparado con el de sus compañeros de aula, sino en relación al resto de personas de su edad, con un cociente intelectual superior y que los diferencia del resto de niños o adolescentes.

## 6 Metodología

Para la puesta en marcha de este proyecto, se debería crear un grupo de trabajo con los profesores y profesoras interesados en el mismo, sin excluir por supuesto, a los padres del AMPA, servicios extraescolares como el PíEE o incluso otros agentes externos a los que pueda interesarles transmitir su conocimiento. Se piensa en figuras relevantes socialmente a nivel local, como pueden ser deportistas de élite, empresarios de éxito, científicos, investigadores, artistas de prestigio o profesionales experimentados en cualquier disciplina, que hayan tenido la oportunidad dentro de su vida laboral, de desarrollar las capacidades de aprendices o empleados más jóvenes y quieran contar sus experiencias. A través de charlas o talleres, los estudiantes pueden aprender métodos de desarrollo de sus propias habilidades, contados por personas a las que admiran, ellos o sus familias, y que, por tanto, tienen una capacidad de impacto mayor que la de los profesores a los que ven diariamente.

En este grupo de trabajo, cada uno aporta ciertas actividades que pueden resultar interesantes, ya sean extraídas de páginas de internet, como puede ser <http://venxmas.fespm.es> (Ministerio de Educación, n.d.), página web del Ministerio de Educación, con materiales elaborados por la Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas, o bien incorporadas por la propia experiencia del docente en otros centros donde haya desarrollado el programa. El planteamiento debería ser el de utilizar nuevas metodologías activas de enseñanza (trabajo en equipo, por proyectos, cooperativo, aprendizaje-servicio), actividades guiadas por el profesor, pero dejando espacio para la creatividad y reflexión del alumno, por lo que la solución o conocimiento compartido, solo se debería dar al final del proceso (incluso puede haber casos en los que las soluciones sean múltiples, una por cada persona o grupo, o que no haya una solución verdadera a las problemáticas planteadas). Lo importante en estos métodos no es ya la solución, sino el trabajo de los estudiantes, el hecho de que hayan propuesto y discutido opciones de resolución y, sobre todo, que hayan pensado por sí mismos.

Las actividades que se pueden realizar pueden ser variadas, se nombran aquí unos ejemplos que podrían servir:

- Escape room
- Magia y matemáticas
- Eficiencia energética en el propio instituto
- Juegos de encriptado
- Taller de ingenio matemático
- Taller de biología
- Taller de física y química
- Taller de escultura
- Taller de creación literaria
- Actividades relacionadas con la cultura japonesa: origami, comida, taller de caligrafía

- Creación y gestión de un blog
- Creación y gestión de un huerto ecológico
- Iniciación al idioma alemán

En el Aula de capacidades se deben trabajar todas las competencias transversales: en comunicación lingüística, matemática, científica y tecnológica, digital, aprender a aprender, social y cívica, sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor, conciencia y expresiones culturales.

En todos los casos las actividades deben ser activas, variadas, lúdicas, adaptables, flexibles, abiertas y motivadoras, altamente exigentes, desarrollando las capacidades de investigación, planificación, experimentación y evaluación. Se desarrollan las capacidades y habilidades cognoscitivas indispensables para aprender como el razonamiento, pensamiento crítico, solución de problemas. También se desarrolla una necesidad básica del aprendizaje como es aprender a pensar.

Todos los alumnos participan en los proyectos y talleres, dentro de la misma sesión, y cada grupo puede realizar tareas diferentes.

## 6.1 Flujograma



## **6.2 Procedimiento de identificación y seguimiento del alumnado**

El equipo de orientación, junto con los tutores y equipo docente de cada clase, seleccionarán al alumnado, siendo la selección flexible en todo momento.

Una vez que los alumnos han sido seleccionados, se hace una reunión con las familias, se les explica el Programa y con el consentimiento por escrito de los padres o tutores comienza el curso.

Diariamente hay un seguimiento de los alumnos que asisten al Aula de Desarrollo de Capacidades (ADC) tanto por los profesores del aula como de los tutores. La asistencia es flexible, los tutores pueden darlos de baja si su rendimiento no es el adecuado en su aula ordinaria. Deben los tutores realizar un seguimiento en sus tareas y deberes y preocuparse de que el periodo que salen del aula lo recuperen sin dificultad.

A final de curso se les dará un boletín simbólico sobre su rendimiento.

El proyecto debe ser multianual, es decir, prolongarse a lo largo de los años, con nuevos alumnos, implicando poco a poco a toda la comunidad educativa, para hacerlo un proyecto de centro. Para ello, se tiene que contar con profesorado definitivo en el centro dispuesto a participar y continuar con el proyecto.

## **6.3 Procedimiento de formación y funcionamiento de los grupos**

Los grupos se organizan en función del horario de los profesores responsables del programa y se intenta que su no asistencia al aula ordinaria sea en asignaturas que se impartan en 3 ó 4 horas lectivas a la semana.

Cada grupo se reunirá en su Aula de Desarrollo de Capacidades donde se trabajarán los contenidos expuestos anteriormente, utilizando diversos espacios como el laboratorio, el patio de recreo, las salas de informática, la biblioteca, etc.

Los equipos se subdividirán en grupos más pequeños para trabajar con metodología de proyectos y aprendizaje cooperativo o aprendizaje servicio. Los contenidos serán impartidos por diversos profesores según su área correspondiente.

Al final del trimestre, se requiere que los alumnos cuenten a los compañeros de sus aulas de referencia las actividades que realizan, para hacer participe a toda la Comunidad Educativa de sus experiencias. Para ello se dedicarán parte de las horas de tutoría, también con la creación de un blog y la inclusión de estas actividades en la página web del centro.

## **6.4 Desarrollo del proyecto**

El programa en el centro empezará a desarrollarse con alumnos a partir del día 1 de noviembre según el horario que se determine por parte de los tutores.

Las clases no comenzarán hasta el mes de noviembre por motivos organizativos para seleccionar a los alumnos.

Después de las fiestas del Pilar habrá una charla informativa para las familias de los alumnos que están propuestos para el programa, haciéndola coincidir con la 1ª reunión de padres y se les explicará el trabajo a desarrollar, la metodología a seguir... así como se dará respuesta a cualquier duda que puedan tener. A esta reunión asistirán los profesores del aula, representantes del Equipo Directivo y Equipo de Orientación.

El inicio de las clases de este programa debería ser a través de juegos y dinámicas que permitieran la integración de los grupos de alumnos. Se trata de crear buena relación y buen ambiente de aula, aprender a confiar en el compañero, escuchar y respetar sus opiniones y aportar las propias para conseguir objetivos comunes.

Se plantean 2 periodos semanales, con uno o dos grupos de alumnos (según los que salgan de esa evaluación inicial). Se busca que el horario de estas clases de desarrollo de capacidades, coincidan con asignaturas que dispongan de 3 o 4 horas lectivas semanales, para distorsionar lo mínimo posible y no “quitar” horas lectivas a las materias que cuentan con menos horas en el currículo.

Una vez por trimestre se realizará de forma sistemática y durante una semana, un volcado a las clases del centro en el que los alumnos del Aula explicarán y enseñarán el trabajo o se realizarán actividades conjuntas junto con sus compañeros.

Desde el Aula de Desarrollo se realizará un blog para informar de las actividades y a final de curso una revista contando todas las experiencias que se han llevado a cabo. Según los proyectos realizados, incluso se puede plantear la producción de un cortometraje, estudiando los procedimientos para la escritura del guion, preparación de escenarios, grabación, producción, dirección y edición de los videos.

Este proyecto interdisciplinar englobará a varios departamentos:

- Tecnología: Se ocupa de la parte técnica, como puede ser la estación meteorológica, el diseño y montaje del huerto vertical...
- Física y Química: Prácticas de laboratorio...
- Biología y Geología: Ciclo vital de las plantas, huerto, composición del suelo...
- Idiomas: Vocabulario específico en algunas actividades. El blog y página web con reseñas en inglés y francés...
- Lengua y literatura: Creación de relatos, escritura en el blog, creación de la revista...
- Matemáticas: Acertijos, juegos de lógica, preparación para la olimpiada matemática...

## 6.5 Planificación de las actividades

Cada trimestre se puede dedicar a un área del conocimiento, Matemáticas y Ciencia en el primero, Sociolingüística en el segundo y Taller multimedia en el tercero, por

ejemplo. Este año 2019, es el año internacional de la tabla periódica, pudiendo generar contenidos a partir de ella y profundizando en alguno de los elementos químicos.

Las diferentes actividades antes referidas, se pueden agrupar por trimestres, según el área de conocimiento que se desee trabajar:

Trimestre 1 (Matemáticas y Ciencia):

- Magia y matemáticas
- Eficiencia energética en el propio instituto
- Taller de ingenio matemático
- Taller de biología
- Taller de física y química

Trimestre 2 (Sociolingüística):

- Juegos de encriptado
- Taller de escultura
- Taller de creación literaria
- Taller de cultura japonesa: origami, comida japonesa, caligrafía
- Iniciación al idioma alemán

Trimestre 3 (Multimedia):

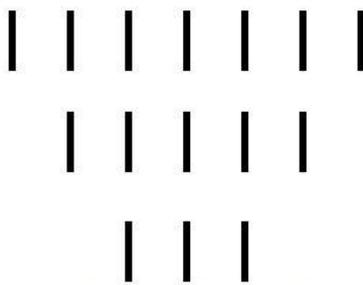
- Escape room
- Creación y gestión de un blog
- Grabación de un cortometraje

## 6.6 Definición de actividades

Como ejemplo de la multitud de tareas que se pueden realizar con estos alumnos, se muestra a continuación una para cada trimestre:

*Trimestre 1 (Matemáticas y Ciencia): Juego Nim, aprendiendo los números binarios.*

En este juego, se colocan 2 jugadores enfrentados en una mesa, con varios montones de fichas (cerillas o palillos) sobre la mesa, formando grupos de fichas impares (3, 5, 7, 9, 11, etc.). El juego consiste en retirar las fichas que se deseen, por turnos, pero eliminando solamente las de una fila cada vez. El ganador es el jugador que consigue quitar la última ficha de la mesa (también se puede hacer al revés).



La estrategia para ganar tiene relación con los números binarios, con lo cual sirve de exposición de éstos de una forma muy amena (explicación completa del juego en el anexo nº I).

### *Trimestre 2 (Sociolingüística): Ejercicios de criptografía*

Se proponen una serie de ejercicios de criptoaritmética, que es la ciencia o el arte de crear y resolver criptogramas matemáticos (EducaLAB, n.d.), consistente en reemplazar las cifras por letras en una operación de aritmética clásica, de una sola ecuación, teniendo que descubrir la cifra que se encuentra escondida en cada letra.

$$\text{PAR} + \text{RAS} = \text{ASSA}$$

Se resuelve colocando las palabras como si fuera una suma y aplicando la lógica matemática.

$$\begin{array}{r} \text{PAR} \\ + \text{RAS} \\ \hline \text{ASSA} \end{array}$$

La letra A, solo puede ser = 1; S+R por tanto = 11, con lo cual S = 3 y R = 8; por último, P = 5.

En el anexo nº II de este informe aparecen más ejercicios de este tipo, con sus respectivas soluciones.

### *Trimestre 3 (Multimedia): Escape room, Museo del Prado*

La actividad consta del desarrollo de una escape room como si se estuviese en el Museo del Prado, en la cual se debe descubrir el nombre de 3 obras pictóricas por medio de pistas. Se plantea para tres grupos de alumnos de 3 ó 4 personas. Cada grupo recibe un sobre, (hay tres colores, rojo, verde y azul), con un acertijo y material si es necesario para resolverlo, además de que en la clase hay colgados por las paredes números, pistas, etc.

El juego termina cuando todos los grupos han resuelto los 6 acertijos y han encontrado 3 fragmentos de los cuadros.

Una vez que se han resuelto las adivinanzas y que cada grupo tiene unos trozos de los cuadros buscados, se utilizan los ordenadores o los teléfonos móviles para descubrir el nombre de los cuadros, los autores de las obras y sus contextos históricos y artísticos.

En el anexo III se encuentra desarrollado todo el proceso de este juego y sus soluciones. Este es solo un ejemplo de método, se pueden modificar los objetivos finales de búsqueda, así como los acertijos intermedios con distintos niveles de dificultad.

## **6.7 Conexión con la Unidad Didáctica**

La Unidad Didáctica impartida en el periodo de practicum en el instituto constaba de varios apartados en los que se desarrollaba el bloque de Materiales, dentro de la asignatura de Tecnología de 1º de Bachillerato. Estos apartados eran los siguientes:

- Materiales y sus propiedades
- Metales ferrosos
- Metales no ferrosos
- Plásticos, fibras textiles y otros materiales

El nexos con mi proyecto de innovación, y a su vez, con este Trabajo Fin de Máster, se realiza mediante el programa “Nanomartes”, perteneciente al Departamento de Educación del Gobierno de Aragón y el INA (Instituto de Nanociencia de Aragón que pertenece a la Universidad de Zaragoza).

Este programa, en el que participan docentes de diversos centros educativos de la comunidad aragonesa, pretende despertar el interés del alumnado por la ciencia, a través de diferentes actividades prácticas e interactivas. Tras un curso de formación para los profesores interesados, y con el apoyo de una guía didáctica y una serie de kits en forma de maletín, los docentes disponen de una herramienta con la que mostrar los avances y la utilidad de la nanociencia en la vida diaria.

Estos kits están compuestos por materiales con diferentes propiedades nanométricas, que, en forma de juegos, muestran las aplicaciones a los estudiantes. Desde plastilina “magnética”, hasta materiales antivaho o termocrómicos, pasando por circuitos eléctricos con grafito, hacen que los alumnos se sorprendan y se diviertan en su aprendizaje.

En los anexos a este documento (anexo IV) aparecen las distintas actividades que se pueden realizar con la guía didáctica y el kit de nanociencia.

Esta actividad, totalmente innovadora, enlaza pues con el bloque de materiales de la unidad didáctica impartida en el aula y sirve como complemento a la misma, desde una perspectiva de enseñanza diferente, que es, en definitiva, de lo que trata este trabajo.



## 7 Evaluación

En este proyecto, deberían existir 2 tipos de evaluación, por una parte, el aprovechamiento de los contenidos expuestos en el Aula por parte de los alumnos, como si de una asignatura más del currículo se tratase, y por otra, el propio proyecto en sí requerirá también de una autoevaluación del mismo.

La evaluación del alumnado se puede realizar por medio de una observación de su labor en el aula, ya que se trata de una formación continua, y puede realizarse con una rúbrica de los trabajos ejecutados a lo largo del curso, o bien unas encuestas finales sobre los conocimientos adquiridos, en las que se pueden medir los siguientes aspectos:

- Grado de satisfacción de los alumnos
- Grado de satisfacción de los profesores
- Grado de satisfacción de las familias
- Grado de implicación del resto del profesorado a la hora de solicitar los volcados para su aula.
- Grado de consecución de los objetivos individuales de cada alumno.

En el anexo V de este informe se adjunta una encuesta realizada a los alumnos del IES El Portillo que actualmente cursan este programa.

Los alumnos no son agentes pasivos, son partícipes de las tareas, las realizan ellos y también aportan su experiencia, inquietudes y conocimientos. Pero no se los quedan para ellos, sino que los comparten con sus compañeros. De estas presentaciones también se puede extraer una evaluación de las competencias lingüísticas y explicativas. Los logros conseguidos quedarán reflejados en un anexo del boletín de evaluación.

### 7.1 Indicadores de evaluación del ADC

Se dispone de varios indicadores de evaluación, pero como muestra, se pueden plantear los siguientes:

Criterio: Aprendizaje en equipo

Indicadores:

- 1 - Establece relaciones positivas con otros participantes de la acción colaborativa.
- 2 - Muestra disposición a trabajar junto a otras personas para la consecución de un bien común, que se convierte en el hilo conductor hacia determinadas metas.
- 3 - Busca el entendimiento entre varios individuos para el desarrollo de una actividad.
- 4 - Muestra disposición a hacer partícipe a otras personas de actividades que ya están en curso.
- 5 - Reconoce el valor de la experiencia ajena.

6 - Muestra deseos de transferir lo que se aprende en grupo al aprendizaje de su clase de referencia.

7 - Muestra que interioriza modos de resolver problemas aprendiendo de los demás.

*Criterio: Transferencia de lo aprendido*

*Indicadores:*

1 - Muestra niveles de desarrollo en habilidades cognitivas, comunicacionales y de interacción social.

2 - Muestra motivación y compromiso personal con la transferencia de lo aprendido, y hacerlo de manera creativa.

3 - Muestra soltura y flexibilidad al utilizar diferentes recursos en función de la transferencia.

4 - Muestra capacidad de previsión en la forma en que organiza sus habilidades y cómo aplica en determinadas situaciones el resto de las competencias que posee.

5 - Comunica con facilidad los resultados de su trabajo.

*Criterio: Atención de los alumnos*

*Indicadores:*

1 - Mejora la participación de los alumnos en clase y en el centro.

2 - Proporciona ilusión y motivación de aquellos alumnos que presentan desinterés.

3 - Incorpora innovaciones metodológicas.

4 - Facilita la cooperación y participación de las familias.

5 - Facilita la reflexión sobre la práctica docente y la cooperación del profesorado.

6 - Implementa de forma gradual en las aulas las diversas metodologías del Aula.

7 - Se valora en las CCPs el trabajo realizado en Desarrollo de Capacidades.

8 - Facilita la comunicación de los profesores con los alumnos compartiendo vías de comunicación como blog y página web.

## **7.2 Procedimientos de seguimiento y evaluación del proyecto ADC**

El Equipo Directivo del centro se responsabilizará del seguimiento del proyecto en el marco organizativo general del centro.

La evaluación será continua, tanto en las actividades desarrolladas, como en la metodología y el grado de cumplimiento de los objetivos propuestos. Cada actividad será evaluada por el profesor responsable, con la participación del alumnado.

Existirá una evaluación interna del proyecto que se realizará por los equipos docentes, el profesor responsable del aula, el Equipo de orientación y el Equipo Directivo.

Una vez al trimestre, con el equipo directivo y la coordinadora de formación, se analizará en qué medida se cumplen los objetivos planteados. Sus conclusiones se elevarán al Claustro y al Consejo Escolar, así como al servicio de Inspección y a las Unidades del Departamento de Educación responsables, mediante los informes que le sean requeridos y la memoria específica sobre el seguimiento y la evaluación de los procesos del proyecto.

Se ha generado una rúbrica de ejemplo, siguiendo los indicadores de evaluación expuestos, que se adjunta a este informe como anexo VII.

### 7.3 Riesgos del proyecto

Al tratarse de un proyecto casi experimental y con poco tiempo de implementación, los riesgos a posteriori no se han detectado todavía, por lo que se asumen los previstos inicialmente a la puesta en marcha del programa. Estos pueden ser:

- Puesto que se realiza el proyecto en horas de clase, los alumnos deben recuperar sus horas lectivas.
- Coordinación con sus tutores para evitar coincidencia con los exámenes en estas horas.
- Se puede dar el caso de que los alumnos destaquen en una materia, pero en otras no, por lo que pueden sufrir para recuperar estas asignaturas y los puede llevar a abandonar el programa.
- Rechazo por parte de los padres y/o tutores.
- Caída en la rutina o falta de interés por parte del alumnado o del profesorado.
- Falta de recursos, ya sea de alumnado o de cambio de centro del profesorado interesado y que el nuevo no esté dispuesto a hacerse cargo del programa.
- No consecución de los objetivos previstos, no mejora en los conocimientos de los estudiantes o en su motivación por desarrollar el espíritu investigador, la creatividad, etc.

### 7.4 Análisis de la evaluación de alumnos

Al finalizar el curso se ha realizado, tal como estaba previsto, una evaluación a los alumnos participantes en el programa. Las preguntas que se les planteaban son:

- 1) ¿Qué actividad te ha gustado más? ¿Cuál es la que menos?
- 2) ¿Qué tema incorporarías al programa de desarrollo de capacidades?
- 3) ¿Cuál de los retos planteados te ha resultado más difícil de comprender?
- 4) ¿A cuál de los temas le dedicarías más tiempo?

- 5) ¿Te parece interesante el programa? ¿Por qué?
- 6) ¿Te gustaría que hubiera más horas a la semana de este programa?
- 7) ¿Contarías tu experiencia a los compañeros de clase? ¿De qué forma?

A partir de las respuestas ofrecidas por los estudiantes, se pueden sacar las siguientes conclusiones referentes al programa impartido:

- Les parece interesante en el 100% de los casos, e incluso, les gustaría que se impartiesen mayor cantidad de horas semanales de este aula.
- El interés viene dado porque se divierten, aprenden cosas interactivamente y les obliga a pensar, pero no a estudiar.
- Los temas que más les han gustado han sido la cristalización y la criptografía, en los que coinciden la mayoría de ellos.
- Aportan temáticas nuevas a incorporar al programa, como el desarrollo de programas informáticos, juegos de ingenio (resolver cubo de Rubik) o adivinanzas y acertijos.
- Son proclives a compartir las experiencias con sus compañeros de clase para atraer su interés, aunque a algunos les da vergüenza.
- No muestran desinterés o rechazo por ninguna de las actividades desarrolladas.

Las respuestas de los participantes en el ADC a la encuesta realizada se adjuntan como anexo VI a este informe.



## 9 Recursos

Los recursos disponibles son los propios del centro educativo, aulas que se quedan libres por asignaturas optativas, laboratorios, biblioteca y patio de recreo. En cuanto al personal docente, el programa cuenta con profesores que de forma voluntaria participan en él, en horas convenidas con sus respectivos departamentos y el Jefe de Estudios.

Los materiales son aportados por los responsables del proyecto, utilizando en su mayoría recursos del propio centro educativo, e incorporando las ideas y documentos que cada docente utiliza para desarrollar las actividades.

Hasta el momento, estos programas se están realizando en su mayor parte, por voluntad de los propios intervinientes, profesores que sacan tiempo de sus horas de tutoría o de sus descansos, y alumnos que salen de sus clases en horario lectivo (y que luego deben recuperar) o planteándolos como actividades extraescolares fuera de la jornada obligatoria.

En un futuro, se podrían aprovechar las aulas preparadas para el aprendizaje cooperativo, colocando mesas de forma pentagonal o hexagonal, trabajando diferentes materias por equipos, etc. Uno de los objetivos del programa, ya comentado, es precisamente aplicar nuevas metodologías activas, partiendo de estas aulas como “prueba piloto”, para después aplicarlo a todo el centro como método de enseñanza.

La disponibilidad de mayores recursos conllevaría la profundización en algunas de las materias planteadas para el programa, así como la posible participación de otros agentes externos, que podrían ser interesantes para la enseñanza de estas materias.

## 10 Conclusiones

La mera observación de los alumnos en este aula muestra que el primero de los objetivos planteados se cumple sobradamente. La alta motivación en estas clases contrasta con la desmotivación general en el resto de las asignaturas e incluso el alumnado muestra su disconformidad y malestar cuando no se puede impartir el programa por uno u otro motivo.

Al tener que compartir los conocimientos adquiridos con los compañeros de sus clases, los estudiantes del programa aprenden a exponer, a hablar en público, muestran interés por las posibles preguntas que les puedan plantear y todo ello sirve para que ellos mismos aprendan y consoliden lo estudiado.

Los docentes también demuestran su motivación, en primer lugar, porque es una actividad voluntaria, nadie les obliga, determinando así su compromiso hacia este tipo de enseñanza. Por otra parte, se sienten libres de incorporar sus conocimientos y experiencias con actividades fuera del currículo oficial, pero manteniendo temáticas que los alumnos deben aprender (al final, se tratan materias como Lenguaje, Matemáticas, Historia, Tecnología, etc., pero vistas desde otra perspectiva).

El papel del profesorado en este programa es el de mediador, guía, presentador de la actividad, sin dar nunca soluciones por anticipado. Se trata de un papel activo, pero sin mediatizar el carácter espontáneo del alumnado. El sentimiento de los docentes se puede definir con la frase: “no hay nada más enriquecedor para un profesor, que aprender de sus alumnos”.

La búsqueda del espíritu investigador en el alumnado se verá con el tiempo, pero no cabe duda, que el interés mostrado en las actividades invita a ser optimistas en cuanto al alcance de este objetivo.

La valoración de los alumnos, de las familias y del propio proyecto, a la finalización del curso escolar, determinará también la consecución de los objetivos planteados al inicio del mismo, pudiendo cambiar, añadir o eliminar contenidos o modificar enfoques para el curso siguiente.

Lo evidente, es la eliminación de la rutina y el aburrimiento, el reflejo del interés y la sorpresa por los resultados de sus experimentos en las caras de los participantes y la buena convivencia y cooperación entre ellos, pese a la heterogeneidad de edades, cursos, conocimientos y procedencias existentes en los grupos.

En mi modesta opinión, éste debe ser el inicio de una educación creativa, personalizada y de calidad, para lo que, innegablemente, se requiere mayor inversión tanto económica, como de medios y recursos en los centros de enseñanza. Se necesita formación a los profesores, pero también concienciación a las familias, que son bastante reacias, en su mayoría, al cambio de estrategias educativas que se desmarquen de las tradicionales. Se necesitan medios, aulas adaptadas, laboratorios con instrumentos y

material suficiente, aplicación de nuevas tecnologías, disminución de horas lectivas en los profesores, introducción de estas metodologías en los currículos, etc.

Por mi parte, he intentado con este trabajo fin de máster, recoger la información aportada por varios docentes que imparten este Aula en diferentes centros, ponerla en orden, definir el concepto de Desarrollo de Capacidades, aportar ejemplos de actividades y procedimientos de evaluación, así como describir el cronograma de actuación y los recursos necesarios presentes y futuros que se podrían necesitar, siempre con la intención, de que este Aula se implante en el mayor número de colegios e institutos en los que no esté presente todavía.

## 11 Líneas futuras

En un futuro, se debería perseguir el reconocimiento social de este proyecto como un método fundamental en la enseñanza y pretender su incorporación dentro del currículo.

Asimismo, podría servir también para facilitar y favorecer la reflexión sobre la propia práctica docente y la cooperación del profesorado del centro con el de otros, mediante el intercambio de experiencias desarrolladas en estos programas o similares.

En la visión de los docentes, existe una excesiva normalización de la enseñanza dentro del currículo oficial, lo que genera la necesidad de nuevas experiencias educativas, que, además, aporten motivación a los estudiantes y puedan desarrollar aspectos fuera del currículo que los animen al aprendizaje.

Se debería pretender la implicación de un mayor número de alumnado y de sus familias en el Programa de Desarrollo de Capacidades.

Con mayores recursos económicos, también se podrían poner en marcha actividades para el desarrollo de la enseñanza en campos con una gran perspectiva de futuro, como puede ser la compra de materiales para robótica, tipo los kits de Lego MindStorms (Lego, n.d.) que son sets de construcción de robots programables para construir, programar y controlar tus propios robots o los mBot Bluetooth que son kits Steam de Makeblock (Makeblock, n.d.) basados en Arduino y Scratch 2.0.

La normativa que recientemente ha puesto en marcha la Comunidad Autónoma de Aragón, a través del Departamento de Educación, Cultura y Deporte, apuesta por la innovación en el espacio educativo. La Orden ECD/ 401/2016, de 25 de abril (Educación & Deporte, 2016), por la que se crea el Departamento de Innovación y Formación Educativa en todos los Institutos de Educación Secundaria de la Comunidad de Aragón o la Orden ECD/418/2019, de 17 de abril (Educación & Deporte, 2020), por la que se convoca a los centros docentes públicos no universitarios de la Comunidad Autónoma de Aragón para desarrollar Planes de Innovación Educativa a partir del curso 2019-2020 son claros ejemplos de ello.

## 12 Bibliografía y webgrafía

Ferreyra, H. A., & Molinolo, S. I. (2016). *Desarrollo de capacidades fundamentales por un aprendizaje matemático para todos*. Recuperado de <http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/1366>

Programa Desarrollo de Capacidades. (n.d.). Recuperado de <http://carei.es/institucionales/programa-desarrollo-de-capacidades/>

Educación, D. D. E., & Deporte, C. Y. (2019). *ORDEN ECD/1818/2018, de 31 de octubre, por la que se resuelve la convocatoria a los centros docentes no universitarios sostenidos con fondos públicos de la Comunidad Autónoma de Aragón para participar en el programa “Desarrollo de Capacidades” durante el curso 2018/2019*. 38467–38469.

Educación, D. D. E., & Deporte, C. Y. (2019). *ORDEN ECD/1400/2018, 28 de agosto, por la que se autoriza la continuación del Programa de “Desarrollo de Capacidades” y se convoca a los centros docentes no universitarios sostenidos con fondos públicos de la Comunidad Autónoma de Aragón para participar en dicho programa durante el curso 2018/2019*. 29473–29488.

Ministerio de Educación. (2010). *El desarrollo de capacidades en la Escuela Secundaria. I*, 68. Recuperado de [http://www.unicef.org/argentina/spanish/Cuaderno\\_1.pdf](http://www.unicef.org/argentina/spanish/Cuaderno_1.pdf)

Horton, D., Akaxaki, A., Bennett, S., Capilan, D., Carden, F., Silva, J., & Khadar, I. (2008). *Evaluación del Desarrollo de Capacidades*.

Educación, D. D. E., & Deporte, C. Y. (2020). *ORDEN ECD/418/2019, de 17 de abril, por la que se convoca a los centros docentes públicos no universitarios de la Comunidad Autónoma de Aragón para desarrollar Planes de Innovación Educativa a partir del curso 2019-2020*. 11047–11057.

Ministerio de Educación. (n.d.). Ven x más. Recuperado de <http://venxmas.fespm.es/>

INA – Instituto de Nanociencia de Aragón. (2019). Proyecto “Nanomartes” | INA - Instituto de Nanociencia de Aragón. Recuperado de <http://ina.unizar.es/proyecto-nanomartes/>

Educación, D. D. E., & Deporte, C. Y. (2007). *Resolución Desarrollo Capacidades 29 10 07 (I)*.

EducaLAB. (n.d.). Problemas de Criptogramas. Recuperado de <http://platea.pntic.mec.es/jescuder/criptogr.htm>

Makeblock. (n.d.). Venta de productos Makeblock y Compatibles en España - Robótica Educativa Open Source. Recuperado de <https://www.makeblock.es/>

Lego. (n.d.). Inicio - Mindstorms LEGO.com. Recuperado de <https://www.lego.com/es-es/mindstorms>

Educación, D. D. E., & Deporte, C. Y. (2016). *ORDEN ECD/401/2016, de 25 de abril, por la que se crea el Departamento de Innovación y Formación Educativa en todos los Institutos de Educación Secundaria de la Comunidad de Aragón, de titularidad del Gobierno de Aragón*. 10817–10818.

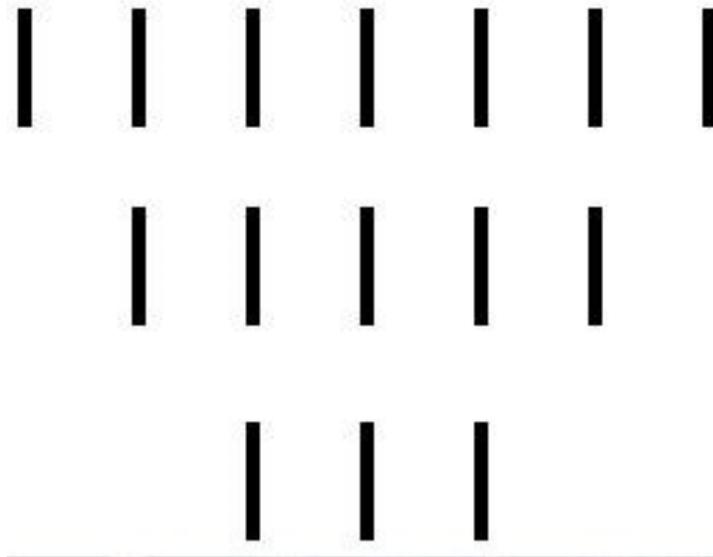
## 13 Anexos

- Anexo I: Juego de palillos
- Anexo II: Ejercicios de criptografía
- Anexo III: Escape room
- Anexo IV: Guía didáctica del “Nanomartes”
- Anexo V: Encuesta preparada
- Anexo VI: Resultados de la encuesta
- Anexo VII: Ejemplo de rúbrica

# ANEXO I

## JUEGO PALILLOS

Juego NIM (Juego de estrategia matemático): Las normas del juego son sencillas. Es un juego para 2 personas y se juega por turnos. Se parte de varios montones (usualmente los montones son filas) de fichas (las fichas suelen ser palillos o cerillas) y en tu turno tienes que elegir uno de los montones y quitar tantas fichas como quieras de este montón y solo de este montón. El ganador es el jugador que consigue quitar la última ficha del juego. El número de montones y de fichas iniciales en cada montón es variable.



En una variante del juego se juega a que pierde el que coge la última ficha (como pasaba en el concurso). Esta variante no cambia mucho el juego ya que de hecho la estrategia ganadora va a ser prácticamente la misma. **¿Y cuál es la estrategia ganadora?**

Dependiendo de cómo están distribuidas inicialmente las fichas, va a ser un jugador o el otro el que tenga la estrategia ganadora (obviamente no pueden tenerla ambos). Cuando juegues el monito de arriba, la posición inicial siempre será favorable a ti. Vamos a llamar posición perdedora a aquella posición del juego que no le permite aplicar una estrategia ganadora al jugador que le toca retirar fichas. ¿Cómo podemos saber si una posición es perdedora? Con los siguientes pasos:

- Escribimos en binario (combinaciones de ceros y unos) el número de fichas que tiene cada montón.
- Colocamos estos números uno encima de otro de forma que la cifra de la derecha de cada número esté en la misma vertical.
- Contamos el número de 1 que hay en cada columna. Si resulta que en cada columna hay un número par de 1, esa posición será perdedora.

Veamos un ejemplo. Supongamos que tenemos 4 montones, uno de 3 piezas, otro de 7, otro de 11 y otro de 15. Vamos a expresar cada número en binario en la siguiente tabla:

Montón	Fichas	Binario	8	4	2	1
1	3	11	0	0	1	1
2	7	111	0	1	1	1
3	11	1011	1	0	1	1
4	15	1111	1	1	1	1
			Par	Par	Par	Par

Observad que las 4 columnas de la derecha están marcadas con los números 8, 4, 2 y 1. Esto es simplemente para marcar el valor de cada posición en binario, por ejemplo, en el grupo de 11 cifras aparece un 1 en las columnas del 8, del 2 y del 1 y efectivamente  $8+2+1=11$ . Como se puede observar, en cada una de las 4 columnas de la derecha, el número 1 aparece un número par de veces por lo que esta sería una posición perdedora.

Así que la estrategia es sencilla. Si en nuestro turno no tenemos una posición perdedora, lo que tenemos que hacer es jugar en nuestro turno de forma que los montones que queden al contrario sean una posición perdedora. Repitiendo esto en todos tus turnos, terminaremos ganando. En el caso de que nos toque una posición perdedora, no podremos hacer nada así que simplemente empezaremos a jugar esperando a que el contrario no conozca la estrategia ganadora y en algún momento nos deje en una posición que no sea perdedora (recomiendo quitar 1 pieza del montón más grande en este caso para intentar que haya más turnos antes de que el contrario descubra que tiene la partida ganada).

¿Por qué esta estrategia funciona? Pues por estas 2 razones:

- Si tu rival tiene una posición perdedora, haga lo que haga no podrá hacer que te toque una posición perdedora. Esto es obvio ya que al jugar solo modificas uno de los números en binario y como en alguna cifra de ese número cambiarás un 0 por 1 o al revés, la columna correspondiente a esa cifra tendrá un 1 más o menos que antes por lo que si antes había una cantidad par, ahora será impar.
- Si te toca jugar y tu posición no es perdedora, siempre existirá una jugada que te permitirá dejarle una posición perdedora a tu rival.

Pues bien, juntando estos 2 puntos, si tu rival no consigue nunca dejarte en una posición perdedora, no te podrá ganar ya que llevarse la última ficha es dejar al rival en una posición perdedora (ya que no quedaría ningún 1 en ninguna columna).

**¿Cómo se pasa de una posición no perdedora a una posición perdedora?** En la mayoría de las páginas donde explican la estrategia ganadora no contestan a esta pregunta, pero no

obstante no es complicada. Supongamos que estamos en una posición no perdedora, por ejemplo 5 montones, formados por 3, 4, 7, 10 y 15 piezas:

Montón	Fichas	Binario	8	4	2	1
1	3	11	0	0	1	1
2	4	100	0	1	0	0
3	7	111	0	1	1	1
4	10	1010	1	0	1	0
5	15	1111	1	1	1	1
			Par	Impar	Par	Impar

Lo que hay que hacer es primero observar qué columnas son las impares. En este caso hay 2 columnas, la correspondiente a 4 y la correspondiente a 1. De esta columna nos quedamos con la que está más a la izquierda (en este caso la columna correspondiente a 4) y nos quedamos con uno de los montones que tenga ahí un 1. En este caso podemos elegir entre los montones 2, 3 y 5:

Montón	Fichas	Binario	8	4	2	1
1	3	11	0	0	1	1
2	4	100	0	1	0	0
3	7	111	0	1	1	1
4	10	1010	1	0	1	0
5	15	1111	1	1	1	1
			Par	Impar	Par	Impar

Lo que tenemos que hacer ahora es conseguir que en el montón elegido cambien los dígitos de las columnas con un número impar de números, en nuestro caso la columna 1 y 4. Si por ejemplo elegimos el grupo 2, el número que tenemos en binario es

0100

y como tenemos que cambiar la columna 1 (la de la derecha del todo) y la 4 (la tercera empezando por la derecha) el número que tendríamos que obtener es

0001

es decir, tenemos que dejar una sola ficha en ese montón (por lo que nos bastará coger 3 fichas del montón 2). Así se quedaría el juego tras quitar 3 piezas del montón 2:

Montón	Fichas	Binario	8	4	2	1
1	3	11	0	0	1	1
2	1	1	0	0	0	1
3	7	111	0	1	1	1
4	10	1010	1	0	1	0
5	15	1111	1	1	1	1
			Par	Par	Par	Par

Como podéis observar, esta posición con la que jugaría el adversario sería perdedora. También podríamos haber elegido el grupo 3 de 7 piezas (0111) y quitarle 5 para que queden solo 2 piezas (0010) o haber elegido el grupo 5 de 15 piezas (1111) y quitarle 5 para que queden 10 piezas (1010). Y estas son todas las posibilidades buenas. Si hacemos cualquier otra cosa, nuestro adversario nos tendría la partida ganada, siempre que conozca la estrategia ganadora claro.

**¿Y la estrategia ganadora si queremos que pierda el último en coger?** Pues sencillo, se hace exactamente lo mismo hasta que haya una fila (y solo una fila) con más de una pieza. En este caso lo que te interesa es que, tras tu jugada, los grupos que queden tengan todos 1 pieza y además quede un número impar de grupos (y después el resto del juego será automático ganando tú siempre). Y para conseguir esto, tendrás que quitar todas las fichas del grupo grande o dejar una sola ficha en este grupo (lo que haga falta para que quede un número impar de grupos).

# ANEXO II

## Criptogramas

**¿Qué es la criptografía?** La criptografía es, como lo indica su etimología, el arte de las escrituras secretas. Su objeto es transformar un mensaje claro en un mensaje secreto que en principio sólo podrá ser leído por su destinatario legítimo (operación de cifrar); a esto sigue la operación inversa llevada a cabo por el destinatario (operación de descifrar). Restablecer el texto claro partiendo del texto cifrado sin que de antemano se conozca el procedimiento de cifras es el *desciframiento*.

Todos los procedimientos de cifrar antiguos y modernos, a pesar de su diversidad y de su número ilimitado, entran en una de las dos categorías siguientes: transposición o sustitución. La transposición consiste en mezclar, de conformidad con cierta ley, las letras, las cifras, las palabras o las frases del texto claro. La sustitución consiste en reemplazar esos elementos por otras letras, otras cifras, otras palabras u otros signos.

**¿Qué es la criptoaritmética?** La criptoaritmética consiste en reemplazar las cifras por letras en la transcripción de una operación de aritmética clásica, de una ecuación. El problema consiste en hallar las cifras que están "bajo" las letras. Para complicar las cosas, en ciertos sitios se puede marcar simplemente el lugar de una cifra con un punto o un asterisco. En el caso extremo solo quedan asteriscos. Es fácil ver que la criptoaritmética es un procedimiento de cifrar por sustitución y que la clave es una regla matemática. Los enunciados criptoaritméticos son a veces seductores; sus soluciones no presentan dificultades matemáticas, pero en cambio exigen numerosísimas hipótesis y, en consecuencia, cálculos largos y trabajosos que implican grandes riesgos de confusión.

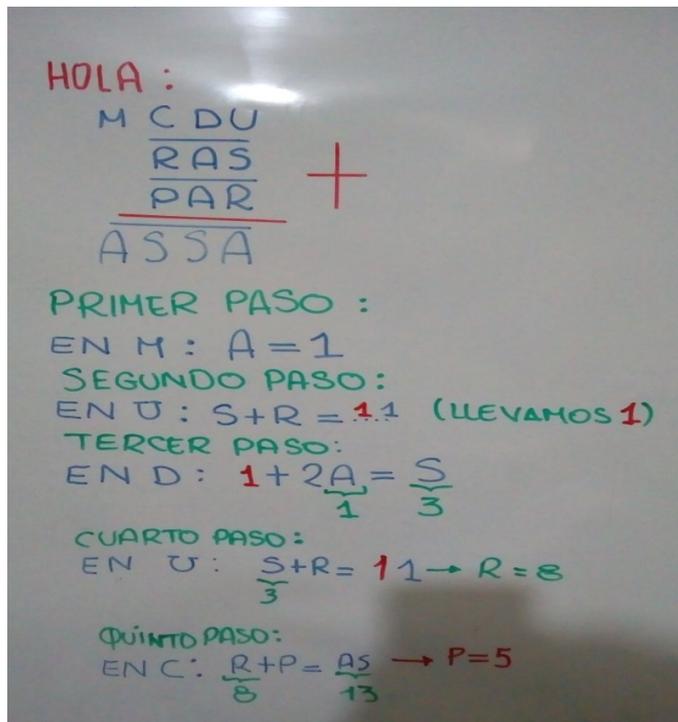
## Ejercicios propuestos para principiantes

1. PARA PRINCIPIANTES. Resolver:  $PAR + RAS = ASSA$ .
2. SEÑAL DE SOCORRO. Resolver:  $IS + SO = SOS$ .
3. ÚNICA SOLUCIÓN. Éste tiene solución única:  $ABCDE \times 4 = EDCBA$ .
4. FACILÓN. Reconstruir la suma:  $3A2ABC + C8A4DD = E1DE19$ .
5. MUY FACILÓN. Reconstruir el siguiente:  $R1G + 1G3 + 305 = GN5$ .
6. OTRO MUY FACILÓN. Reconstruir el siguiente:  $PLAYA - NADAR = 31744$ .

7. SUMA FÁCIL (1). Reconstruir la suma:  $3AB32C + B2DECA = F51CD6$ .
8. SUMA FÁCIL (2). Reconstruir la suma:  $ABC23D + C4EFG B = B769C7$ .
9. SUMA FÁCIL (3). Reconstruir la suma:  $ABC52C + D31ECA = G45GH7$ .
10. SUMA FÁCIL (4). Reconstruir la suma:  $BCD + EEF = GFG$ . Se sabe que:  $D-F=B$ .
11. SUMA FÁCIL (5). Reconstruir la suma:  $ABC32D + D2AEBA = F69BC8$ .
12. SUMA FÁCIL (6). Reconstruir la suma:  $ROSA + LILA = NARDO$ .
13. DEL ZOOLÓGICO. Resolver:  $(ZOO)2 = TOPAZ$ .
14. CRIPTOGRAMA. Resolver el siguiente criptograma:
  - a.  $C D B 0 6 A + D 6 E B A C = A 9 5 A E 7$
15. AMOR POR AMOR SE ACRECE. Reconstruir el siguiente producto:  
 $AMOR \times AMOR = ****AMOR$ . Ayuda: Números circulares son aquellos que multiplicados repetidamente por sí mismos reaparecen a la derecha de todos los productos. De una cifra son 1, 5 y 6, de dos cifras 25 y 76, etc.
16. PRODUCTO FORZADO. Reconstruir el siguiente producto:  $ABC \times DEF = \dots = 204561$ . Las diez cifras están representadas en él, contando las tres sumas intermedias y sin contar el resultado. Ayuda:  $204561 = 3 \times 3 \times 7 \times 17 \times 191$ .
17. LA CAZA DEL TIGRE. Se busca el nombre de un animal. Cada letra de este nombre tiene como valor su número de orden en el alfabeto ( $A=1$ ,  $B=2$ ,  $C=3$ , etc.) El número de la primera letra es múltiplo de 2. El número de la segunda es un cuadrado perfecto. El número de la tercera es múltiplo de 7. La cifra de las unidades del cuarto número es una potencia de 3. La suma de los números segundo y quinto es igual a 14. La suma de los números de dos de las letras es un número primo menor que 20. ¿Cuál es el animal buscado? (No considerar CH, LL, Ñ, W)
18. EL BUFÓN DEL DUQUE. La divisa del Duque de Chevaillles, vasallo del rey de Francia, se situaba en forma de tres palabras de tres letras que evocaban la ley férrea impuesta por uno de sus antepasados:  $L O I + FER = DUC$ . Estas tres palabras presentan la particularidad de formar una suma en la que cada letra corresponde a una de las nueve primeras cifras (de 1 a 9). Se cuenta que un día, el bufón del Duque, encolerizado, escribió, conservando el valor de las letras:  $FOL + DUC = I R E$ . El bufón firmó su suma con el número 32.456.347. ¿Firmó con su nombre?
19. EL ABC DE LOS CRIPTOGRAMAS. Resolver:  $ABC = C^4$ ,  $BCA = D^4$ .
20. CRIPTOSUMA: A letra distinta, numero distinto. Una palabra no puede comenzar con 0. Resolver el siguiente sabiendo que SEIS es divisible por 6.

## Solucionario

1. PARA PRINCIPIANTES.  $A=1$ .  $S+R=11$ ,  $A+A+1=S$ ,  $\implies S=3$ ,  $R=8$ .  $8+P=13$   
 $\implies P=5$ . La suma completa es  $518 + 813 = 1331$ .



2. SEÑAL DE SOCORRO.  $S=1$ . De la primera columna  $O=0$ . De la segunda,  
 $I=9$ .  $91 + 10 = 101$ .

3. ÚNICA SOLUCIÓN.  $21978 \times 4 = 87912$ .

4. FACILÓN.  $332364 + 483455 = 815819$ .

5. MUY FACILÓN.  $317+173+305=795$ .

6. OTRO MUY FACILÓN.  $53161 - 21417 = 31744$ .

7. SUMA FÁCIL (1).  $325324 + 526142 = 851466$ .

8. SUMA FÁCIL (2).  $132234 + 244693 = 376927$ .

9. SUMA FÁCIL (3).  $314524 + 231043 = 545567$ .

10. SUMA FÁCIL (4).  $184 + 553 = 737$ . Es cierto que  $4-3=1$ .

11. SUMA FÁCIL (5).  $346325 + 523143 = 869468$ .

12. SUMA FÁCIL (6).  $9874 + 5054 = 14928$ .

13. DEL ZOOLÓGICO. Puesto que el cuadrado de ZOO tiene 5 letras, la Z ha de ser 1, 2 ó 3. Pero no hay ningún cuadrado que acabe en 2 ni en 3; por lo tanto,  $Z=1$  y, en consecuencia,  $O=9$ , quedando así el resultado:  $(199)^2 = 39601$ .

14. CRIPTOGRAMA.  $234065 + 361452 = 595517$ .

15. AMOR POR AMOR SE ACRECE.  $9376 \times 9376 = 87909376$ .

16. PRODUCTO FORZADO. La única forma de asociar los factores primos del resultado para que den dos factores de tres cifras es como sigue:  $3 \times 191 = 573$ ,  $3 \times 7 \times 17 = 357$ .

El producto propuesto es, pues, uno de los dos siguientes:  $573 \times 375 = 204561$ ,  $375 \times 573 = 204561$ . Si realizamos ambos productos completamente, en el segundo no aparece la cifra 6, salvo en el resultado. Luego,  $573 \times 375 = 204561$  es el producto pedido.

17. LA CAZA DEL TIGRE. La letras segunda y quinta han de ser forzosamente I y E. Entre los posibles nombres (TINTE, LINDE, NIEVE, RIFLE, VIAJE, etc.) únicamente LINCE y TIGRE son nombres de animales. TIGRE no va bien, ya que ninguna suma de dos números que correspondan a las letras es un número primo menor que 20. El animal es pues el lince. ¿Y el tigre, entonces? Si el lince está en el zoo, el tigre no estará lejos.

18. EL BUFÓN DEL DUQUE. Las sumas son:  $438+219=657$  y  $234+657=891$ . El bufón firmó con su nombre, CLODULFO, pero invertido.

19. EL ABC DE LOS CRIPTOGRAMAS. Los únicos números que elevados a la cuarta potencia dan un resultado con la misma cifra final, son los acabados en 0, 1, 5 y 6. De estas cifras solamente el 5 da un no de 3 cifras. Por tanto:  $625 = 5$ ,  $256 = 4$ .

20. CRIPTOSUMA:  $4104 + 81 + 17129 = 21314$ .

## ANEXO III

### **Escape Room- El Museo del Prado**

Nos encontramos en el Museo del Prado, han sonado las alarmas y nadie puede salir...



Han robado unas réplicas de lienzos valiosísimos de pintores clásicos, únicas e irrepetibles.

El ladrón que se las ha llevado ha sido detenido por la policía, pero no tiene las réplicas, según el ladrón al verse acorralado cortó las réplicas en pedazos y las tiró por la ventana al exterior, pero no se han encontrado todos los fragmentos, faltan 3 de cada réplica. Se sospecha que todavía están en el museo...

Solo abrirán las puertas del museo si aparecen los fragmentos perdidos.

Para encontrarlos se deben resolver los acertijos y seguir las pistas indicadas.

Cada vez que se resuelva un acertijo, hay que acudir a los profesores para comprobar la respuesta. Si no es correcta se darán pistas.

Se plantea para tres grupos de alumnos de 3 ó 4 personas. Cada grupo recibe un sobre, (hay tres colores, rojo, verde y azul), con un acertijo y material si es necesario

para resolverlo, además de que en la clase hay colgados por las paredes números, pistas...

El juego termina cuando todos los grupos han resuelto los 6 acertijos y han encontrado 3 fragmentos de los cuadros.

## **Acertijos**

### **Sobre Rojo: Dentro está el primer acertijo**

#### **1.- PRIMER ACERTIJO**

Hacer 5 filas de 10 soldados con 4 personas por fila. (Se incluyen botones para solucionarlo)

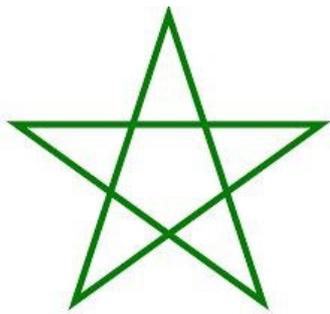
PISTA 1

Las filas no tienen que ser paralelas

PISTA 2

Un soldado puede compartir más de una fila

SOLUCIÓN



Una vez que lo han averiguado, deben pensar que la estrella obtenida tiene 5 puntas y detrás del nº 5 (cartel grande colgado en clase) está el segundo acertijo.

#### **2.- SEGUNDO ACERTIJO**

Tenemos 2 latas llenas de agua y un gran recipiente vacío. ¿Hay alguna manera de poner toda el agua en el recipiente grande de tal manera que luego se pueda distinguir qué agua salió de cada lata?

PISTA 1

El agua se puede manipular

PISTA 2

El agua puede estar congelada

SOLUCIÓN

Se congela el agua en los recipientes y después se saca y se ponen los dos bloques en el recipiente grande

Como el agua está congelada... tienen que pensar en algún lugar donde encontrar hielo en el instituto... ¡En el congelador de la sala de profesores!

Allí encuentran un sobre con trozos de los cuadros. En el sobre pone: "Coge una imagen, la que quieras y vuelve a dejar el sobre en el congelador. Dirígete al sobre verde"

En este sobre hay 3 trozos del cuadro "El matrimonio de Arnolfini"

### Sobre verde, Dentro está el tercer acertijo

#### **3.-TERCER ACERTIJO**

Un campesino tiene una oveja, un lobo y una cesta de coles. Al llegar a un río se encuentra que en la barca sólo cabe él y el lobo, la oveja o las coles. ¿Cómo lo hace para pasar al otro lado sin que la oveja se coma las coles y el lobo a la oveja?

PISTA 1

Pueden volver 2 en la barca

PISTA 2

Primero la oveja

SOLUCIÓN

Primero pasa a la oveja.

Vuelve

Coge al lobo y al llegar a la orilla lo deja y coge a la oveja

Vuelve, deja la oveja y coge las coles Deja las coles y vuelve a buscar a la oveja.

En la clase hay una oveja (foto) pequeña y junto a ella el siguiente acertijo

#### **4.- CUARTO ACERTIJO**

Construye 4 triángulos iguales con 6 palillos

PISTA 1

Pueden no estar en el mismo plano

PISTA 2

Poliedro regular

SOLUCIÓN

Hacer un tetraedro

Un tetraedro tiene 4 vértices, 4 caras, 4 triángulos... Buscar el nº 4 en la clase y detrás de él hay un sobre con trozos de los cuadros. En el sobre dice así" "Coge una imagen y deja el sobre donde estaba. Dirígete al sobre azul."

En este sobre hay 3 trozos del cuadro "Las hilanderas"

## Sobre azul, Dentro está el quinto acertijo

### 5.- QUINTO ACERTIJO

El director de la cárcel decide soltar a un hombre con la siguiente condición: Hay una bolsa con 10 bolas, una negra y el resto blancas. Si saca la negra sale de la cárcel. Pero el director cambia de opinión y para que no salga de la cárcel pone todas las bolas blancas. El preso se entera de las intenciones del director, pero al día siguiente sale de la cárcel. ¿Cómo lo hace?

PISTA 1

Puede que el hombre no enseñe su bola

PISTA 2

Ver las bolas restantes

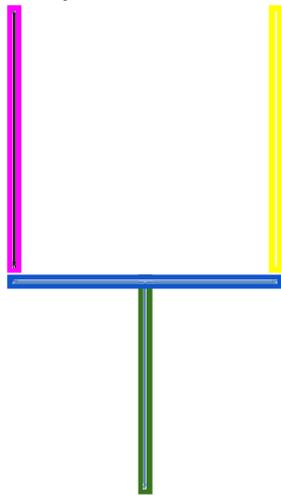
SOLUCIÓN

El preso saca una bola y no la enseña y dice que es negra. Cuando le dicen que la enseñe dice que comprueben que en la bolsa hay 9 blancas.

Los alumnos deben buscar detrás del nº 9 (Cartel pegado en la pared), donde se encuentra el sexto acertijo

### 6.- SEXTO ACERTIJO

Realiza con 4 palillos esta "copa" y debes conseguir invertirla moviendo sólo 1 palillo.



PISTA 1

Los palillos se pueden desplazar

PISTA 2

No hace falta levantar los palillos

SOLUCIÓN

El palillo azul se desliza a la derecha hasta tocar el palillo verde, y el rosa se pone paralelo al verde.

Los alumnos deben pensar en algún lugar del instituto donde haya vasos...

¡La máquina de café!

Allí hay un sobre con trozos de los cuadros y pone “Coge un trozo del cuadro y deja el sobre cómo estaba” Ve al sobre rojo.”

En este sobre hay trozos del cuadro “Los fusilamientos del 2 de mayo”

En este momento todos los alumnos han resuelto los acertijos y tienen tres fragmentos de cuadros. Continuamos con las puntuaciones y pueden darse chuches de premio (opcional)

**Puntuación:**

- 3 puntos si el acertijo se resuelve sin ayuda
- 2 puntos si recibís 1 pista
- 1 punto si recibís 2 pistas
- 0 puntos si no se acierta

Sargento	Latas agua	Lobo	4 triángulos	Copa	Cárcel

Todos los alumnos comparten sus trozos e intentan averiguar qué piezas van juntas y cada grupo se queda con las piezas de un solo cuadro.

Ahora trabajan con un ordenador y/o en la biblioteca para investigar sobre los cuadros y buscar las respuestas.

**PREGUNTAS SOBRE ACTIVIDAD DE LOS CUADROS**

(A los alumnos no se les da el nombre del cuadro, ni autor, ni año)

**Matrimonio Arnolfini (1434) de Jan Van Eyck (National Gallery, Londres)**

**-LÁMPARA:**

- ¿Por qué crees que está encendida una vela si es de día y hay luz?

**-MANOS:**

- ¿Qué representan las dos manos? ¿De quiénes pueden ser?

**-ESPEJO:**

- ¿Qué se refleja en el espejo? ¿Por qué crees que tiene esa forma tan peculiar?

**-PERRITO:**

- ¿Qué puede simbolizar la presencia de un perro?

-BUSCA AL AUTOR DE LA OBRA Y SU CONTEXTO HISTÓRICO Y ARTÍSTICO

**Las Hilanderas o Fábula de Aracne, 1657 (Velázquez, Museo del Prado, Madrid):**

**-RUECA GIRANDO:**

- ¿Qué tipo de objeto es una rueca y para qué servía?

**-TAPIZ DEL FONDO:**

- ¿Qué es un tapiz y para qué se utilizaba en tiempos pasados?

**-ESCENA MITOLÓGICA:**

- ¿Qué escena de la mitología se representa y quiénes son sus protagonistas?

-BUSCA AL AUTOR DE LA OBRA Y SU CONTEXTO HISTÓRICO Y ARTÍSTICO

**Los fusilamientos del 3 de mayo, 1813-1814 (Goya, Museo del Prado, Madrid)**

**-FAROL:**

- ¿Por qué hay un farol de grandes dimensiones apoyado en el suelo? ¿Crees que puede simbolizar alguna cosa?

**-MANO:**

- ¿Puedes apreciar alguna cosa especial en esta mano? Razona tu respuesta.  
¿Crees que tiene algún tipo de significado?

**-SOLDADOS:**

- ¿Qué representa la imagen? ¿Por qué no se le ve a nadie el rostro? ¿Qué crees que están haciendo? Razona tus respuestas.

-BUSCA AL AUTOR DE LA OBRA Y SU CONTEXTO HISTÓRICO Y ARTÍSTICO

Las soluciones son:

### **Matrimonio Arnolfini (1434) de Jan Van Eyck (National Gallery, Londres)**

Eje de simetría central atraviesa: lámpara espejo... En el rito cristiano había que descalzarse signo de humildad

#### **-LÁMPARA:**

- ¿Por qué crees que está encendida una vela si es de día y hay luz?  
Carácter sagrado vela encendida (Dios-presencia de luz por la ventana) sacramento matrimonio. Bodas en la casa, carácter íntimo

#### **-MANOS:**

- ¿Qué representan las dos manos? ¿De quiénes pueden ser?

Unión matrimonio

#### **-ESPEJO:**

- ¿Qué se refleja en el espejo? ¿Por qué crees que tiene esa forma tan peculiar?  
Presencia divina, el ojo que todo lo ve, rodeado de los esmaltes de la pasión de Cristo  
Regalo de boda porque fue testigo de la boda, junto con otro. Imagen invertida por detrás de la pareja y dos testigos de azul y rojo de la ceremonia.

#### **-PERRITO:**

- ¿Qué puede simbolizar la presencia de un perro?  
Fidelidad. Tumbas góticas león hombre, perro mujer.

#### **-BUSCA AL AUTOR DE LA OBRA Y SU CONTEXTO HISTÓRICO Y ARTÍSTICO**

Hombre: Bendiciendo

Mujer: Actitud pasiva. ¿Verde esperanza, embarazo? Clase rica ropas de terciopelo

Naranjas: riqueza

INSCRIPCIÓN: "Jan Van Eyck fuit hic" 1434. Jan Van Eyck estuvo aquí" 1434.  
¿testigo de la boda?

RUPTURA DEL FONDO: perspectiva lineal y punto de fuga marcada con el parqué del suelo y el óculo.

LUGAR ÍNTIMO (DORMITORIO): pareja burguesa de alto nivel adquisitivo.  
Hasta este momento los retratos eran de nobles, reyes y altos cargos de la Iglesia.

**Las Hilanderas o Fábula de Aracne, 1657 (Velázquez, Museo del Prado, Madrid):**

**-RUECA GIRANDO:**

- ¿Qué tipo de objeto es una rueca y para qué servía?

Se trata de un objeto para hilar el pelo de la oveja (lana). Se hacían ovillos y se tejía después.

**-TAPIZ DEL FONDO:**

- ¿Qué es un tapiz y para qué se utilizaba en tiempos pasados?

Una tela decorada gruesa que se utilizaban con un doble motivo: uno decorativo y otro para cortar corrientes de aire frío. El tapiz se realizaba tejiendo con distintos hilos de colores y tramas diferentes. Requería de una gran maestría y destreza por parte del artesano. Los más famosos procedían de Flandes: los tapices flamencos.

**-ESCENA MITOLÓGICA:**

- ¿Qué escena de la mitología se representa y quiénes son sus protagonistas?

Mito de Aracne y Atenea /Minerva.

**-BUSCA AL AUTOR DE LA OBRA Y SU CONTEXTO HISTÓRICO Y ARTÍSTICO**

**Los fusilamientos del 3 de mayo, 1813-1814 (Goya, Museo del Prado, Madrid)**

**-FAROL:**

- ¿Por qué hay un farol de grandes dimensiones apoyado en el suelo? ¿Crees que puede simbolizar alguna cosa?

El farol simboliza la lucha del bien (la luz) contra el mal (la oscuridad) y parte en dos la imagen del cuadro. Los “buenos” en la parte iluminada y los “malos” sumidos en la oscuridad y en el anonimato.

**-MANO:**

- ¿Puedes apreciar alguna cosa especial en esta mano? Razona tu respuesta.

¿Crees que tiene algún tipo de significado?

La mano muestra el estigma de la crucifixión y de manera simbólica muestra al fusilado como a un inocente como le ocurrió a Jesucristo. El color blanco de la camisa que lleva el ajusticiado también simboliza la pureza y la paz.

#### **-SOLDADOS:**

- ¿Qué representa la imagen? ¿Por qué no se le ve a nadie el rostro? ¿Qué crees que están haciendo? Razona tus respuestas.

Están realizando un acto vergonzoso y por eso están dentro de la parte oscura y siniestra del cuadro y sin mostrar ninguno su rostro, justo al contrario que los españoles. Muestra los tres tiempos: el pasado (los ya fusilados que llenan el suelo con su sangre), el presente con los que van a ser fusilados en ese instante - destacando entre ellos el patriota de la camisa blanca y los estigmas- y el futuro, que son los que aguardan aterrados al fondo su turno.

#### **-BUSCA AL AUTOR DE LA OBRA Y SU CONTEXTO HISTÓRICO Y ARTÍSTICO**

Francisco de Goya, nacido en la localidad zaragozana de Fuendetodos en 1746 y muerto en el exilio de Burdeos en 1828, fue un gran testigo de su época y uno de los grandes genios de la historia del arte de todos los tiempos.

Muestra por primera vez al pueblo español como protagonista de su historia frente al invasor francés en el contexto histórico de la Guerra de la Independencia. Representa el concepto ilustrado de soberanía nacional; el pueblo debe tomar las riendas de su destino histórico, ser ciudadanos y no súbditos como lo habían sido hasta entonces. El propio pueblo español aparece en sus distintos componentes (frailes, la Iglesia), gentes del pueblo y algún militar o quizá noble que se rebela y planta cara al invasor. Este cuadro hay que relacionarlo con la carga de los mamelucos del museo del Prado. El dos de mayo el pueblo de Madrid se rebela contra la invasión napoleónica, y las terribles consecuencias de este hecho son las que se ven en los fusilamientos del tres de mayo o del Príncipe Pío, ambos en el museo del Prado de Madrid.



**ANEXO N° IV**

**Los nanomartes**

**UNIDADES DIDACTICAS**

**NANOCIENCIA**

## PRECAUCIONES GENERALES DE SEGURIDAD

1. Lea la descripción de los experimentos detenidamente antes de realizar las experiencias en el aula.
2. Si desea que los alumnos realicen de forma práctica los experimentos, asegúrese de supervisarlos en todo momento para que hagan un uso adecuado del material y de los reactivos.
3. El maletín no debe almacenarse a temperaturas superiores a los 20° y es aconsejable protegerlo de la humedad y el fuego.
4. Para la utilización de los reactivos se aconseja la utilización de guantes de látex, bata de laboratorio y gafas de seguridad.
5. En las experiencias que implican la utilización de fuentes de calor, se aconseja la utilización de manoplas térmicas, bata de laboratorio y gafas de seguridad. Además se recomienda contar con un pequeño botiquín para poder tratar posibles accidentes por quemaduras.
6. Realice un uso racional de los materiales teniendo en consideración las peculiaridades del proyecto.



PREFACIO .....	5
INTRODUCCIÓN .....	7
¿Qué es la nanotecnología?	
CAPÍTULO 1: LA NANOESCALA .....	8
Experiencia 1: Cinta nanométrica .....	9
CAPÍTULO 2: MATERIALES SORPRENDENTES .....	10
Experiencia 2: Silly Putty (Plastilina) magnética .....	12
CAPÍTULO 3: FUNCIONALIDAD A TRAVÉS DE LA NANOTECNOLOGÍA .....	14
Experiencia 3: Film anti-espía .....	15
Experiencia 4: Nanocrema solar .....	17
Experiencia 5: Óxido de titanio .....	19
Experiencia 6: Lámina termocrómica .....	21
Experiencia 7: Taza termocrómica .....	22
Experiencia 8: Body termocrómico .....	23
CAPÍTULO 4: EFECTO LOTUS .....	24
Experiencia 9: Experimento para observar el "Efecto Lotus" .....	26
Experiencia 10: Producto anti-vaho .....	27
Experiencia 11: Ángulo de humectancia .....	28
Experiencia 12: Arena mágica .....	30
CAPÍTULO 5: MEMORIA DE FORMA .....	32
Experiencia 13: Nitinol .....	33
Experiencia 14: Materiales cotidianos con memoria de forma .....	36
CAPÍTULO 6: CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA .....	38
Experiencia 15: Circuito eléctrico con grafito .....	40





Esta guía de experimentos sobre Nanociencia ha sido preparada por el Instituto de Nanociencia e Aragón (de aquí en adelante INA). Este centro perteneciente a la Universidad de Zaragoza, se dedica desde su constitución en 2003 a realizar labores de I+D+i en el campo de la Nanociencia. Gracias al personal investigador y técnico altamente especializado y a sus instalaciones de vanguardia, es ya un centro de referencia en Europa en el campo de la nanociencia.

Desde su constitución, el INA ha llevado a cabo multitud de acciones para la difusión de la nanociencia entre diferentes públicos y en diferentes contextos.

Con el objetivo de seguir trabajando en la difusión de esta rama emergente de la ciencia, surge el proyecto “Los nanomartes” que a continuación pasamos a describir. En este proyecto se ha seleccionado un día semanal para dedicar a la profundización en la Nanociencia y sus aplicaciones. El docente realizará las actividades en el aula en coordinación con el resto del profesorado de su departamento y para ello utilizará esta guía y el material contenido en el maletín. Una vez finalizada la acción en un centro y a través de la coordinación del programa Ciencia Viva, los maletines itinerarán de un centro a otro.

El maletín consiste en una herramienta que contiene el material necesario para la realización de una serie de experiencias relacionadas con la nanociencia y sus aplicaciones, orientadas principalmente a alumnos de ESO y Bachillerato.

En esta guía didáctica encontrará la información necesaria para el correcto desarrollo de las experiencias, así como información adicional para la introducción de la actividad y la profundización en los aspectos teóricos. Algunas de las actividades propuestas requieren de materiales adicionales sencillos de conseguir que deberá preparar el docente para su realización en el aula, si lo considera oportuno.

Es recomendable, por tanto, la lectura previa de esta guía por parte del docente para que este pueda realizar una previsión para la organización de la clase de los medios necesarios, así como supervisar que el material del maletín se encuentra en buen estado.

El maletín está diseñado para que las actividades puedan realizarse de forma sencilla en el aula y para un número determinado de usos. En caso de deterioro de algún material póngase en contacto con el INA para la reposición del mismo así como si alguno de los materiales fungibles se termina antes de finalizar las sesiones programadas.



## ¿QUÉ ES LA NANOTECNOLOGÍA?

Si consultamos en algún libro o enciclopedia de Ciencia, es probable que encontremos una definición como esta: La nanociencia y la nanotecnología son los campos de la ciencia y la técnica que se dedican a estudiar, diseñar, obtener y/o manipular de manera controlada materiales, sustancias y dispositivos de dimensiones inferiores al micrómetro ( $10^{-6}\text{m}$ ) y próximas al nanómetro ( $10^{-9}\text{m}$ ). (Un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro y la mil millonésima parte de un metro).

¿Qué significa?

Lo primero que debemos recordar es que la materia está formada por átomos. Los átomos son partículas minúsculas. Incluso en un objeto muy pequeño, que apenas podemos ver a simple vista, hay muchísimos miles de millones de átomos.

Para formar los objetos grandes, estas enormes cantidades de átomos se unen unos con otros formando estructuras. Las distancias entre esos átomos son de un tamaño en torno al nanómetro, o sea, como hemos dicho antes, la millonésima parte de un milímetro.

Lo interesante es que los materiales tienen las propiedades que tienen (que sean duros o blandos, flexibles o rígidos, que se comporten

como imanes, o como conductores eléctricos, o como aislantes de calor...) por la forma en que los átomos se unen unos con otros en la escala nanométrica.

Esto es algo que los científicos ya sabían. Lo que no habían podido hacer hasta hace poco es controlar esa estructura en la nanoescala: no había forma de ver tamaños tan pequeños, ni de cambiar a voluntad la forma en que los átomos se unían.

Desde hace un tiempo, ya existen esas herramientas: y a partir de ahí, ya se puede hacer nanociencia.

Las aplicaciones de la nanociencia se basan en que, a escala nanométrica, los materiales tienen distintas propiedades que a macroescala, es decir, que al trabajar sólo con unos pocos átomos o moléculas de un compuesto, su comportamiento puede ser totalmente diferente al que presenta cuando tenemos cantidades mayores.

Esto abre un gran campo de investigación en el que se pueden desarrollar productos que respondan a las necesidades de la sociedad actual, lo que hace que algunos consideren este reto como la próxima revolución industrial.

# CAPÍTULO 1: LA NANOESCALA

## A LA LUZ DE NUESTROS OJOS

En nuestra vida cotidiana estamos acostumbrados a medir longitudes, ya sean tamaños de objetos, distancias, nuestra propia altura... Para ello utilizamos unidades a las que estamos acostumbrados como los metros o kilómetros, pero... ¿qué ocurriría si en lugar de medir en metros o centímetros utilizásemos una unidad de medida mucho más pequeña?

## A LA LUZ DE LA NANOESCALA

La nanociencia es el estudio de los sistemas cuyo tamaño es de unos pocos nanómetros. Un nanómetro (nm) es  $10^{-9}$  metros.

1 nanómetro = 0,000000001m.

Es decir, un nanómetro es la mil millonésima parte de un metro o la millonésima parte de un milímetro.

Para que nos hagamos una idea, un leucocito o glóbulo blanco (una célula de nuestro cuerpo que no puede verse sin ayuda del microscopio) tiene un diámetro de aproximadamente 100.000nm.

La nanociencia trata de comprender qué ocurre a esta escala diminuta y la nanotecnología trabaja para manipular y controlar la materia a esta escala.



## Experiencia 1

### CINTA NANOMÉTRICA

**Divulgando:** El nanómetro es una unidad muchísimo más pequeña que las que estamos acostumbrados a manejar habitualmente, por eso si nos transportamos a la “nanodimensión”, las cosas que nos rodean son gigantes. Lo podemos comprobar utilizando esta cinta nanométrica. ¿Cuántos nanómetros creéis que medirá un bolígrafo?

**Protocolo:** Esta actividad consiste en medir diferentes objetos cotidianos con ayuda de la cinta nanométrica para comprender la escala en la que nos movemos cuando hablamos de nanociencia y ser conscientes de lo pequeño que es el nanómetro. Se puede aprovechar la actividad para repasar las potencias en base diez y la transformación de unidades del sistema métrico.

#### Material:

- Cinta nanométrica

#### Proporcionado por el profesor:

- Diferentes objetos cotidianos (bolígrafo, goma, mesa, pizarra...)



## CAPÍTULO 2: MATERIALES SORPRENDENTES

### A LA LUZ DE NUESTROS OJOS

Esta plastilina magnética se inventó de forma accidental durante la Segunda Guerra Mundial, intentando buscar un sustituto para el caucho. Fue creada a partir de una mezcla de ácido bórico y aceite de silicona. En la actualidad se utiliza principalmente como juguete con el nombre comercial de Silly Putty. Este material presenta unas propiedades físicas muy curiosas porque está a medio camino entre un sólido y un líquido. Es un “sólido que fluye”. Resulta que su viscosidad depende de forma no lineal de la fuerza que se le aplique (incluida la atracción gravitatoria). Es menos viscoso (fluye mejor) al aplicarle fuerza de pequeña intensidad, pero ante fuerzas más violentas, se comporta casi como un sólido y es mucho más difícil atravesarlo. Las propiedades químicas de Silly Putty le dan sus características físicas distintivas, incluyendo rebote, estiramiento y fluidez.

### A LA LUZ DE LA NANOESCALA

#### • Silicio y silicona

EL nombre “silly” se le dio por su ingrediente principal; la silicona. La silicona está compuesta de átomos de silicio enlazados con átomos de oxígeno, que se unen formando largas cadenas de átomos, lo que se conoce como polímero. Las propiedades físicas de los compuestos de silicona no son las mismas que las de otras sustancias que contienen combinaciones de silicio y oxígeno, como la arena de playa o el cuarzo: la estructura química (la forma específica en que los átomos se ordenan) es responsable de las diferentes propiedades.

Los compuestos de silicona se llaman siloxanos, o polisiloxanos.

#### • Dimetilsiloxano

La plastilina Silly Putty está compuesta al 65% de dimetilsiloxano, un tipo de polímero que, como hemos dicho, pertenece al grupo de las siliconas. Se trata de un



material viscoelástico, y sus enlaces covalentes flexibles le confieren sus cualidades de fluidez y elasticidad, semejantes a las de la plastilina. Las uniones cruzadas entre las múltiples cadenas de polímeros permiten que la Silly Putty fluya lentamente como un líquido a pesar de ser un material de plástico sólido.

- **Ácido bórico**

El boro y el silicio son elementos afines, por lo que el ácido bórico actúa entrelazando las cadenas de polímeros dando lugar a una rejilla compacta que le confiere al material esa consistencia y flexibilidad tan curiosa.

- **Magnetismo**

En nuestro caso, la plastilina está además mezclada con polvo de hierro, de forma que la Silly Putty se convierte en una plastilina con propiedades magnéticas.



## Experiencia 2

### SILLY PUTTY (PLASTILINA) MAGNÉTICA

**Divulgando:** La plastilina de por sí es ya un material peculiar, con unas propiedades que no encontramos a diario en la naturaleza. Es por eso que nos fascina y cuando cae en nuestras manos, no podemos parar de jugar. Pues bien, la plastilina “Silly Putty” tiene unas propiedades muchísimo más asombrosas; mientras que al tacto y en apariencia se parece a la plastilina corriente, la manera de absorber los golpes, su fluidez y su comportamiento magnético, no tienen nada que ver.

**Protocolo Fagocitosis:** Amasamos la “Silly Putty” brevemente hasta que formemos una bola deforme y la dejamos descansar sobre una superficie plana como puede ser una mesa.

Cogemos con mucho cuidado el imán de neodimio y lo colocamos levemente en contacto

con la masilla, y esperamos 5 minutos. Enseguida observamos que la plastilina comienza a fagocitar poco a poco al imán.

**Protocolo imantación:** Esparcimos sobre la mesa varios clips y grapas. Ahora acercamos la “Silly Putty” para comprobar su capacidad magnética, como vemos no ocurre absolutamente nada. Pues bien, ahora colocaremos el imán en contacto con un lateral de la plastilina (en esta ocasión el tiempo de contacto será más breve para evitar que se produzca la fagocitosis), y después separamos el imán y acercamos la zona imantada de la “Silly Putty” a los clips y grapas. Esta actividad requiere un poco de pericia, por lo que recomendamos que se hagan pruebas para pulir la técnica antes de llevarlo a cabo delante de los alumnos.

**Protocolo “botar”:** Esta es una de las pro-

piedades más asombrosas de esta plastilina tan especial. Es todavía más sorprendente si tenemos en cuenta que su comportamiento concencional, al igual que en la plastilina común, parece consistir en absorber golpes mecánicos leves (esto podemos observarlo cuando presionamos con un dedo y la “Silly Putty” se deforma).

Para comparar ambos materiales podemos coger un trozo de plastilina y manipularla a la vez que la “Silly Putty”. Finalmente, hacemos dos bolas con ambas gomas; primero lanzamos la de la plastilina contra el suelo y vemos su comportamiento: casi no rebotará. Ahora llega el momento de lanzar la “Silly Putty” contra el suelo, que sorprendentemente rebota.

**OBSERVACIONES:** Si no hacemos una esfe-

ra con la “Silly Putty”, esta no botará. Por otro lado, cuanto menos irregular sea la esfera más controlados serán los botes. Se debe tener cuidado con el primer lanzamiento porque realmente bota mucho.

**Protocolo serpiente:** Esta experiencia requiere cierta destreza y sobre todo una preparación previa para que se pueda llevar a cabo con éxito el día de la demostración.

La experiencia consiste en moldear la “Silly Putty” hasta conseguir tener una zona con forma de churro, de grosor aproximado de un lápiz. Después, acercamos el imán a la punta del churro, sin que entren en contacto, hasta que la punta sea atraída por el imán; luego movemos este, y el churro seguirá el movimiento del imán. Por momentos puede parecer la cabeza de una serpiente hechizada.

La preparación previa sirve para ajustar el grosor del churro, pues si este es muy grueso, el imán no tendrá la fuerza suficiente como para conseguir arrastrarlo. Hemos comprobado que funciona mejor si la punta del churro está chafada con los dedos hasta que quede del grosor de un folio (solo la punta). Otro aspecto muy importante, que solo se adquiere con práctica, es controlar la distancia a la que hay que colocar el imán de la punta de la plastilina, pues si la colocamos muy cerca la punta se pegará al imán y si la ponemos lejos este no se verá atraído por el imán. Solo a la distancia adecuada se produce el espectacular efecto de mover la serpiente a la vez que se mueve el imán.

**PRECAUCIÓN:** el imán de neodimio es muy potente, por lo que hay que manipularlo con

precaución. Cuando el imán de neodimio atrae metales u otros imanes, lo hace con gran fuerza, de manera que si atrapa entre los dos objetos un dedo o la piel, puede producir golpes o pellizcos muy dolorosos. Además, al recibir impactos (por caídas o atracción de materiales masivos) se quiebra con facilidad. Debe manejarse siempre con mucha precaución.

#### **Material:**

- Plastilina (Silly Putty)
- Imán de neodimio
- Clips y grapas

#### **Proporcionado por el profesor:**

- Plastilina convencional

### FILM ANTI-ESPÍA

#### A LA LUZ DE NUESTROS OJOS

El filtro de privacidad para móviles (también existen para portátiles y monitores LCD), consiste en una lámina de plástico ligeramente oscurecida, que únicamente se muestra transparente (más bien translucido) cuando se mira totalmente de frente.

En cuanto se empieza a observar la pantalla desde un lateral, esta se va oscureciendo gradualmente. Cuando se alcanza o sobrepasa un ángulo lateral máximo de  $30^\circ$ , la lámina se vuelve totalmente oscura.

Al colocar este filtro, únicamente el usuario que utiliza el móvil puede ver claramente lo que hay en ella.

#### A LA LUZ DE LA NANOESCALA

Este material nos asegura protección y privacidad utilizando nanotecnología de microrejilla. Evita que la información personal quede expuesta a terceros mediante el ajuste del ángulo de visión. Lo que

hace es cerrar los ángulos de visión de las pantallas, que normalmente están muy abiertos para poder ver la pantalla desde cualquier situación lateral. Ese ángulo se cierra de forma que se deja abierto únicamente para que la pantalla sea visualizada por la persona que está delante, en perpendicular a la pantalla.



## Experiencia 3

### FILM ANTI-ESPÍA

**Divulgando:** Ahora ya podemos mantener en privado nuestras navegaciones por la red con este film protector anti-espía.

**Protocolo:** Un compañero coloca el film delante de la pantalla del móvil o de una pantalla de ordenador y se coloca justo enfrente. Otros dos compañeros se sitúan en ambos lados

derecho e izquierdo e intentan adivinar qué está viendo el primer compañero. Para finalizar, la persona que porta el móvil cambia la posición con sus compañeros.

A continuación se repite la experiencia pero colocando el film en perpendicular con respecto a la pantalla. En esta posición ningún

observador será capaz de ver el contenido de la pantalla.

#### Material:

- Film antiespía

#### Proporcionado por el profesor:

- Teléfono móvil o pantalla de ordenador



## ÓXIDO DE ZINC

### A LA LUZ DE NUESTROS OJOS

Tenemos el concepto interiorizado de que las cremas solares se absorben en la piel y que sin embargo las pomadas tienen que permanecer sobre ella para que curen. Pero lo cierto es que para que una crema haga su papel protector tiene que permanecer sobre la superficie de la piel. ¿Entonces porque es visible el rastro blanco de una pomada y sin embargo no vemos el de las cremas solares?

### A LA LUZ DE LA NANOESCALA

La crema solar contiene nanopartículas de óxido de zinc. Las nanopartículas son tan pequeñas que ellas no pueden reflejar la luz visible, lo que provoca que la crema solar sea transparente a nuestros ojos. La pomada también contiene ZnO, pero las partículas son mucho mayores, y estas no son permeables a la luz visible, reflejándola, y creando una capa blanquecina sobre la piel.

La crema solar es un ejemplo muy común de la nanotecnología. Muchos otros productos de belleza y salud también contienen nanopartículas, incluyendo cosméticos y pastas de dientes.

La nanotecnología aprovecha las propiedades ventajosas que proporcionan los materiales a escala nanométrica para fabricar nuevos productos y aplicaciones. Las nanopartículas de la crema solar son invisibles al ojo humano: son tan pequeñas que solo reflejan la radiación solar en una longitud de onda menor que la que nuestro ojo humano puede detectar.



## Experiencia 4

### NANOCREMA SOLAR

**Divulgando:** La industria de los cosméticos siempre ha sido muy potente e innovadora, por lo que no ha tardado en buscar aplicaciones a la emergente nanotecnología. Ahora vamos a ver un ejemplo muy sencillo de cómo dos componentes similares tienen propiedades distintas debido al tamaño de las partículas que los componen.

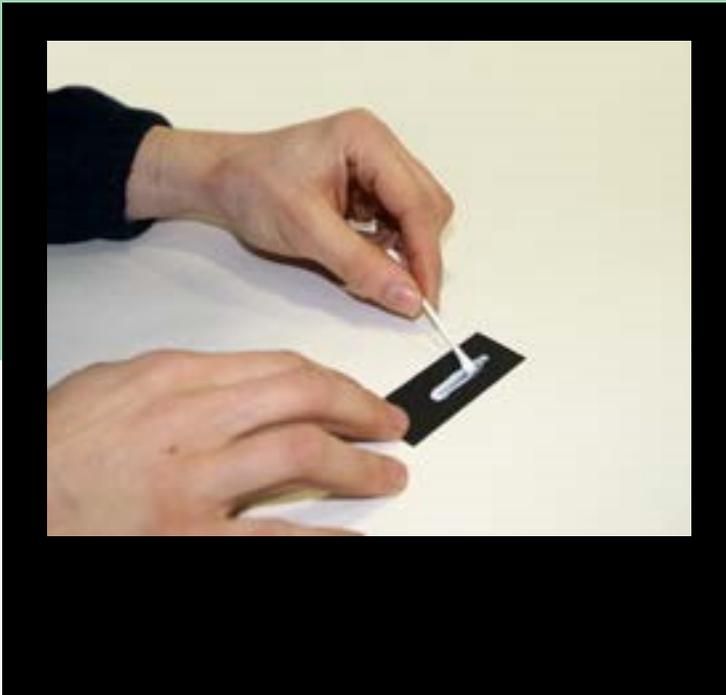
**Protocolo:** Con un palillo de algodón extendemos una pequeña cantidad de crema sobre la cartulina negra, e intentamos que esta desaparezca frotándola.

Con el otro extremo del palillo realizamos el mismo procedimiento pero con la crema con nanopartículas, e intentando coger la misma cantidad.

Observamos que en el caso de la crema con nanopartículas la mancha se queda transparente a diferencia de la otra crema con la que observamos una mancha de color blanco.

#### Material:

- 1 cartulina negra
- 1 palillo de algodón
- Crema óxido de zinc
- Crema óxido de zinc (nano)



## ÓXIDO DE TITANIO

### A LA LUZ DE NUESTROS OJOS

El dióxido de titanio es un mineral semiconductor sensible a la luz que absorbe radiación electromagnética cerca de la región del UV. Es resistente a la luz y tiene un alto índice de refracción. Químicamente es muy estable y extremadamente inerte, además es bastante económico y no es tóxico. Todo ello hace que se trate del pigmento blanco más importante en la industria. Se puede encontrar también como aditivo alimenticio bajo el código de E-171, en pastas de dientes o en caramelos para la tos. Su principal aplicación es la fabricación de pigmentos que se utilizan en diversos sectores que van desde la aplicación en materiales cerámicos hasta la industria automovilística.

### A LA LUZ DE LA NANOESCALA

El dióxido de titanio se encuentra en la naturaleza en forma de mineral y puede presentarse en tres formas cristalinas: “anatasa” (estructura tetragonal), “rutilo” (estructura octahédrica) y “brookita” (es-

tructura ortorómbica). La forma más común es el “rutilo”, las fases metaestables de “anatasa” y “brookita”, se convierten a rutilo por acción del calor.

Una curiosa aplicación del óxido de titanio es la fabricación de pinturas que cambian de color en función del ángulo de observación. Esta propiedad se conoce como “efecto flip-flop” y se debe al tamaño nanométrico de las partículas de dióxido de titanio utilizadas, en cantidades determinadas. En esta escala los átomos se agrupan formando cristales de 3-5nm capaces de dispersar la luz creando estas composiciones de color.

En el caso de pigmentos blancos, las partículas de óxido de titanio utilizadas son cientos de veces más grandes y por lo tanto, ya no presentan este efecto.

Las pinturas con efecto flip-flop además de cambiar el color también protegen frente a la decoloración que provoca la exposición a la luz natural o artificial.



## Experiencia 5

### EFECTO FLIP-FLOP

**Divulgando:** En el siguiente experimento nos vamos a fijar en una propiedad muy curiosa del dióxido de titanio a escala nanométrica, que tienen aplicaciones en el mundo del automóvil para la pintura de carrocerías. Se trata de una superficie pintada con una pintura con “efecto camaleón” o “efecto flip-flop”, es decir, que cambia de color en función del ángulo desde el que la observemos. Este efecto se explica por el tamaño nanométrico de las partículas de óxido de titanio con las que está fabricada la pintura. Los nanocristales de óxido de titanio son capaces de dispersar la luz creando estos juegos de color.

**Protocolo:** Cogemos la semiesfera y la visualizamos al lado de la ventana desde diferentes ángulos para observar los cambios de color.

**Divulgando:** Un ejemplo cotidiano de una aplicación del óxido de titanio en tamaño nanométrico, la encontramos en los billetes de 50 euros. El número “50” se encuentra impreso con este tipo de tinta de forma que podemos observar como cambia de color en función del ángulo desde el que lo observemos. En este caso, este efecto es utilizado para la detección de billetes falsos así como para aumentar la complejidad de los procesos de falsificación.

**Protocolo:** Al igual que en el caso anterior visualizaremos el billete, concretamente el número “50”, desde diferentes ángulos para observar el cambio de color.

#### Material:

- Superficie efecto flip-flop

#### Proporcionado por el profesor:

- Billete de 50€

## MATERIALES TERMOCRÓMICOS

### A LA LUZ DE NUESTROS OJOS

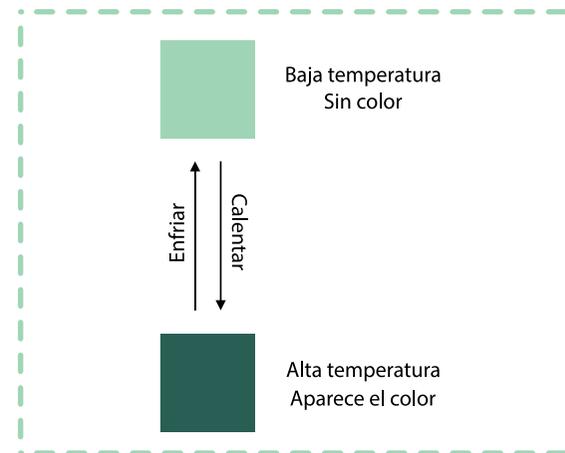
Hoy en día podemos encontrar en el mercado objetos que modifican su color al producirse cambios en su temperatura. Este fenómeno puede tener muchas aplicaciones en la industria, pero el más obvio parece estar en la rama de la seguridad, ya que un cambio de color nos puede avisar de lo caliente que puede estar un determinado material.

En esta fotografía tenemos una taza que, utilizando esta tecnología, nos avisa de si el contenido de la taza está caliente o frío, es decir, de si la podemos coger con las manos o si por el contrario hay que tener cuidado.

Otra industria que le está sacando partido a esta propiedad, es la de ropa para bebés. Confeccionan prendas en los que los dibujos están serigrafiados utilizando estos pigmentos, de modo que si el bebé aumenta de temperatura por encima de 38°C, los dibujos desaparecen avisando así de que el pequeño tiene fiebre.

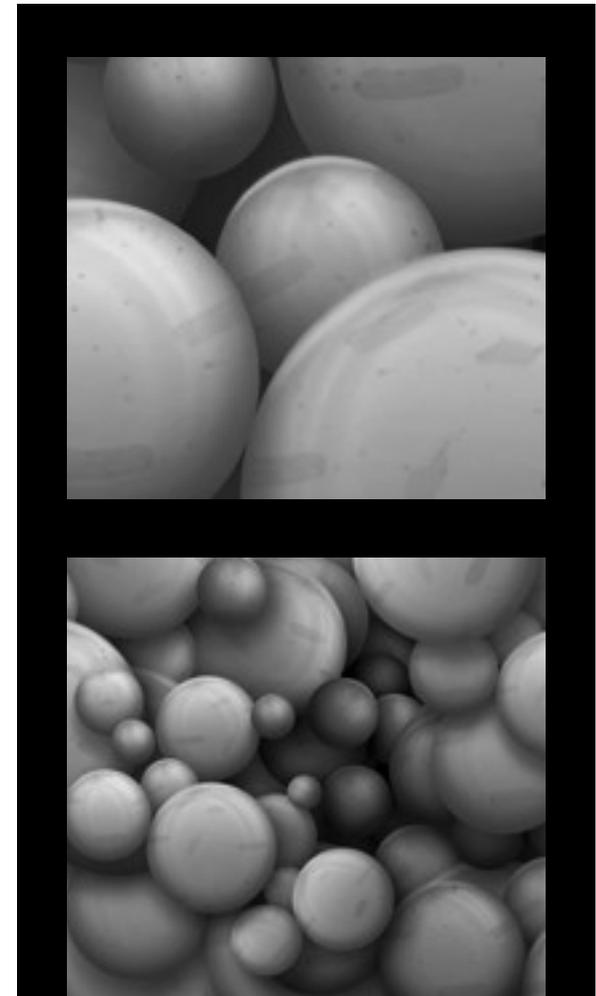
### A LA LUZ DE LA NANOESCALA

Estos materiales se componen de moléculas orgánicas dispersas en películas delgadas de vidrio. Las moléculas cambian su estructura al cambiar la temperatura.



Transición de colores

Son pigmentos compuestos por nanocápsulas en los que el color cambia de una manera reversible o irreversible. Se selecciona un tipo u otro de cambio dependiendo de la aplicación final deseada. El cambio de color es producido por los cambios en la temperatura.



## Experiencia 6

### LÁMINA TERMOCRÓMICA

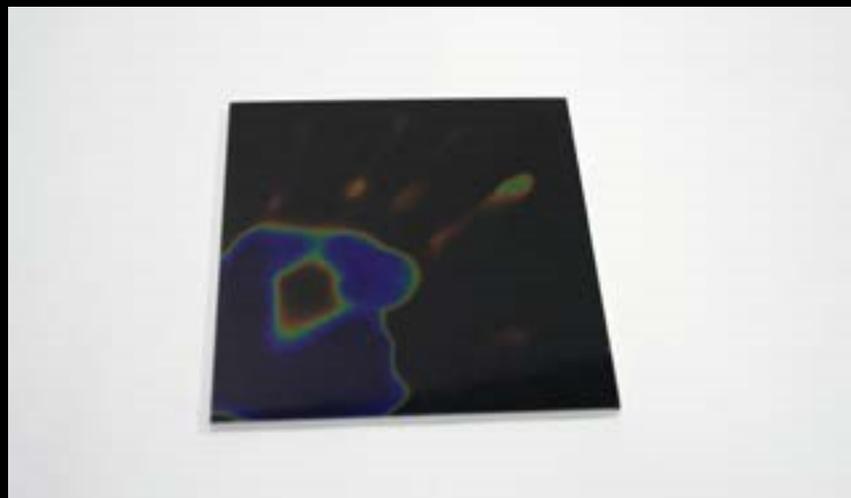
**Divulgando:** Ahora veremos cambios en el color dependiendo de la temperatura. Esta demostración es sencilla de entender ya que tenemos interiorizado el concepto de energía en forma de calor, que esta se puede transmitir y por lo tanto que esta energía provoque finalmente un cambio en la nanoestructura de los compuestos que forman los pigmentos.

**Protocolo:** Para que la lámina cambie de color tiene que alcanzar  $37^{\circ}\text{C}$ . Si colocamos la mano encima a temperatura corporal la silueta de la misma queda marcada en el papel en otro color. El proceso es reversible por lo que al volver a temperatura ambiente la lámina volverá a su color inicial.

Si solamente con poner la mano encima no es suficiente, podemos frotarnos las manos para aumentar la temperatura en la superficie de estas o utilizar el secador y aplicar calor directamente sobre la lámina.

#### Material:

- Lámina termocrómica
- Secador (opcional)



## Experiencia 7

### TAZA TERMOCRÓMICA

**Divulgando:** A continuación vamos a observar el mismo efecto pero aplicado a otro material diferente, como puede ser una cerámica como la de esta taza. En este caso la imagen aparece cuando se supera la temperatura de 40°C. Esto es debido a que la imagen está impresa con una tinta tratada que modifica su color con la temperatura ya que sus partículas modifican su estructura al modificar este parámetro.

**Protocolo:** Calentar agua en un recipiente externo (jarra, vaso de precipitados...) con ayuda de un microondas o una placa calefactora. Cuando el agua esté suficientemente caliente, verterla sobre la taza y observar lo que ocurre.

**PRECAUCIONES:** si los estudiantes van a encargarse de calentar el agua facilitarles guantes protectores para evitar quemaduras. Su-

pervisar en todo caso este proceso.

**OBSERVACIONES:** No es aconsejable calentar la taza directamente en el microondas.

#### Material:

- Taza termocrómica

#### Proporcionado por el profesor:

- Agua caliente



## Experiencia 8

### BODY TERMOCRÓMICO

**Divulgando:** Para finalizar vamos a ver una aplicación práctica de este tipo de materiales, concretamente vamos a utilizar una prenda de bebe, cuyo estampado está elaborado con una tinta termocrómica, de forma que desaparece cuando está a temperatura superior a 37°C, indicándonos que el bebe tiene fiebre.

**Protocolo:** Con ayuda del secador, aplicamos calor sobre la prenda y observamos lo que ocurre.

#### Material:

- Body termocrómico
- Secador



## CAPÍTULO 4: EFECTO LOTUS

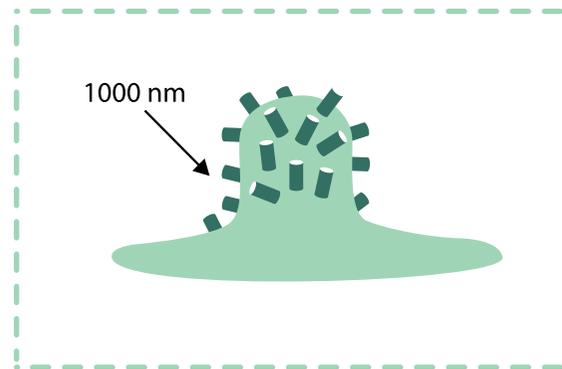
### A LA LUZ DE NUESTROS OJOS

Durante muchos años investigadores de todo el mundo buscaron el modo de crear superficies que repelieran tanto la suciedad como el agua. Tras muchos años de investigación, y como ocurre a menudo, fue la Naturaleza la que nos proporcionó la respuesta, a través del estudio de una serie de plantas que habían solucionado ese problema. La flor del loto (Lotus) le da nombre a este efecto y es en sus hojas donde mejor podemos apreciarlo.

La evolución ha dotado a estas plantas de la capacidad de repeler el agua para evitar los daños que la exposición continua a esta puede ejercer sobre sus hojas; a la vez, también las protege de la suciedad (esporas, algas, polvo, etc...) ya que cuando las gotas de agua recorren la superficie de las hojas del loto, recogen todas las partículas, que no están adheridas a las hojas debido a dicho efecto. Lo que ocurre es que las partículas contaminantes tienen poca afinidad por la superficie de las hojas. Lo mismo le ocurre al agua y por eso las gotas recorren la superficie

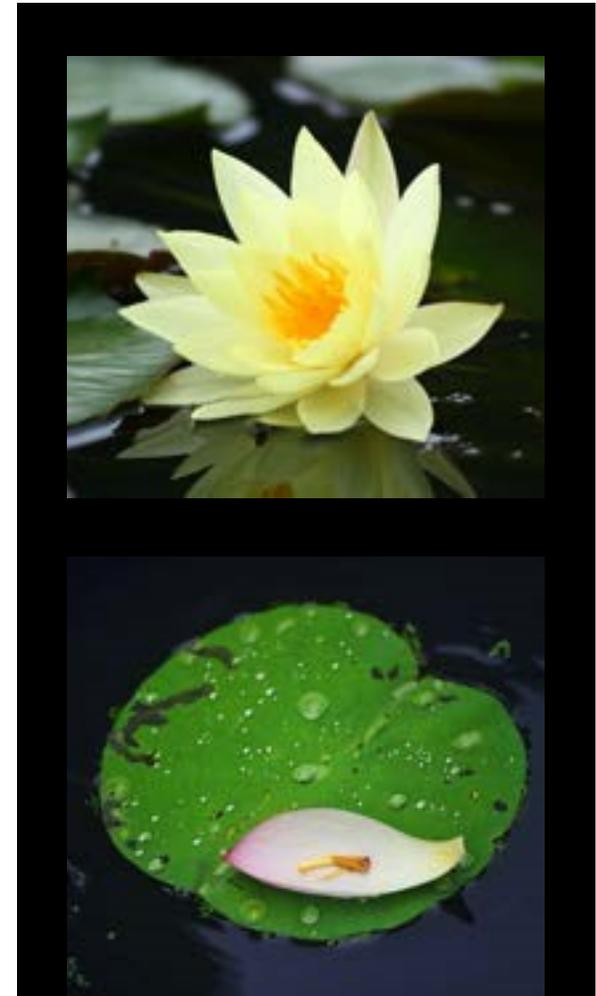
sin mojarlas. Por el contrario, estas partículas de suciedad tienen mayor afinidad por el agua, por lo que cuando esta pasa por los alrededores de dichas partículas, se adhieren a la gota dejando limpia la superficie de la hoja.

### A LA LUZ DE LA NANOESCALA



Protuberancias superficie hoja flor de loto

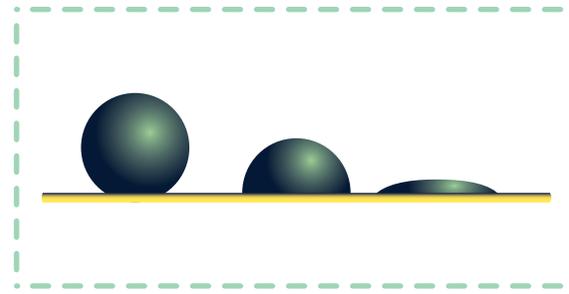
Es común pensar que las superficies totalmente lisas son más fáciles de limpiar que las rugosas, ya que en las primeras nos parece que la suciedad no se incrusta. Pero si pudiéramos ver la superficie de las hojas de la flor del loto a la luz de un



microscopio electrónico, veríamos una superficie totalmente rugosa, y es debido a esta nanoestructura rugosa de la superficie de las hojas por lo que se produce el efecto de extrema hidrofobicidad.

La repulsión de un material al agua está fundamentada en la nanoestructura de su superficie. La nanoestructura de las hojas de la flor del loto modifica las interacciones (tensión superficial) entre las moléculas de agua con las de aire, de agua con las de la hoja y las de la hoja con el aire. Y esto a su vez determina el ángulo de contacto entre la gota de agua y la hoja, conocido como ángulo de humectancia.

Según la definición física, una superficie es hidrofílica cuando el ángulo de contacto entre una gota de agua y la superficie es inferior a  $90^\circ$ . En este caso, el líquido moja al sólido ya que la superficie de contacto entre la gotita de agua y el sólido se reduce considerablemente. Por el contrario, una superficie es hidrófoba cuando el ángulo de contacto es superior a  $90^\circ$ ; de esa manera, se puede decir que la gota no moja el sólido.



Gotas sobre superficie

Consideremos un líquido que ha caído sobre una superficie sólida. Si el líquido es atraído fuertemente por la superficie (por ejemplo agua sobre un sólido hidrófilo) la gota se extenderá completamente por el sólido y el ángulo de contacto será pequeño. Para los sólidos que sean menos hidrófilos el ángulo de contacto puede variar entre  $0^\circ$  y  $30^\circ$ . Si la superficie del sólido es hidrófoba el ángulo de contacto será mayor que  $90^\circ$ . En superficies muy hidrófobas el ángulo puede ser mayor a  $150^\circ$  e incluso cercano a  $180^\circ$ . En estos casos el agua reposa sobre la superficie pero no la moja ni tampoco se extiende sobre ellas. Como ya hemos comentado, la flor del loto consigue esto gracias a las nanorugosidades que presenta su superficie.

Desde otro punto de vista podemos considerar este efecto como repulsiones entre diferentes materiales. Las moléculas de agua interaccionan mejor entre sí mismas que con las moléculas del aire, de manera que adoptan una forma esférica, ya que esta es la forma geométrica que tiene una menor superficie para un mismo volumen. Siguiendo esta explicación, la nanoestructura de la superficie de la Flor de Loto reduce al máximo la atracción de las moléculas de agua por las de la hoja, por lo que entran en contacto y de manera muy débil el menor número de moléculas de agua y de hoja, formando de este modo un ángulo de contacto superior a los  $90^\circ$ . Si por el contrario las moléculas de la hoja y las de la gota se atraerán en mayor medida, las moléculas de agua estarían más cómodas en contacto con estas que con las del aire, de modo que la superficie agua-hoja aumentaría, descendiendo a la vez el ángulo de contacto.

## Experiencia 9

### EXPERIMENTO PARA OBSERVAR EL "EFECTO LOTUS"

**Divulgando:** La evolución ha dotado a ciertas plantas de la capacidad de repeler el agua, para evitar los daños que la exposición continua del agua puede ejercer sobre sus hojas, pero a la vez también las protege de la suciedad o contaminantes que pueden caer sobre su superficie (esporas, algas, polvo, etc...), ya que cuando las gotas de agua recorren la superficie de las hojas, recogen todas las par-

tículas de suciedad, que no están adheridas a las hojas debido a dicho efecto. Donde mejor se aprecia este efecto es en las hojas del loto, de donde viene el nombre de esta propiedad "efecto lotus". Para verlo vamos a proyectar el video cuyo link aparece en el apartado "Material" de esta experiencia. A continuación observaremos este efecto en una especie más fácil de conseguir: una hoja de col.

**Protocolo:** Proyectar el video en el aula y a continuación realizar la misma experiencia utilizando una hoja de col.



#### Material:

- Pipeta Pasteur
- Vaso de precipitados

#### Proporcionado por el profesor:

- Portátil y cañón de proyección
- Conexión a Internet
- Pantalla de proyección
- Link: <http://www.youtube.com/watch?v=LJtQ6dvcbOg>
- Agua
- Hoja de col

## Experiencia 10

### PRODUCTO ANTI-VAHO

**Divulgando:** Todos conocemos lo que es el vaho: consiste en la condensación del vapor de agua al entrar en contacto con una superficie fría. Esto es lo que ocurre cuando salimos de la ducha y vemos que el espejo está empañado. En esa situación este efecto nos puede parecer gracioso e inofensivo. Pero a su vez este efecto puede acarrear problemas, sobre todo de visibilidad, por ejemplo en los parabrisas de los vehículos en invierno, o en los cascos de motoristas. El problema de la formación de vaho casi impidió el famoso sal-

to desde la estratosfera de Félix Baumgartner. Así que este ha sido un campo de investigación para científicos desde hace mucho tiempo. Ahora con la nanotecnología se ha conseguido dar una nueva solución al problema, a través de un líquido que agrega una superficie con nanoportuberancias y que aumenta la afinidad del agua sobre el cristal, de manera que esta se dispersa de manera más uniforme, sin formar gotas microscópicas, con un ángulo de humectancia próximo a cero, por lo que a simple vista no podemos observar la diferencia.

**Protocolo:** Pulverizamos una pequeña cantidad de líquido anti-vaho en el vaso de precipitados y con ayuda del pincel aplicamos el líquido en el espejo y en el vidrio de reloj. También podemos hacerlo en el cristal de la ventana de clase. Esperamos unos pocos mi-

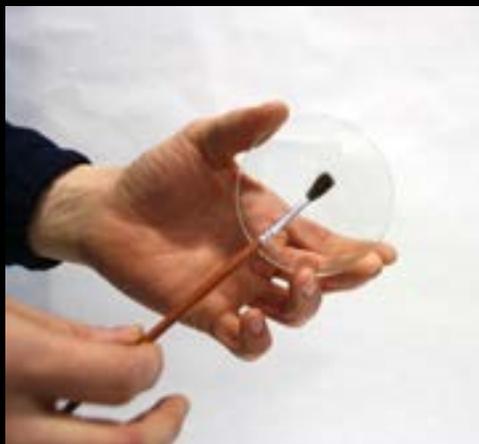
nutos a que la solución se seque. A continuación aplicaremos vaho, con ayuda de nuestro aliento y observaremos como se forma vaho en toda la ventana a excepción de la zona donde hemos puesto el líquido anti-vaho.

**Observaciones:** si pasamos nuestro dedo por un cristal, le transferimos a este suciedad (grasa) proveniente de nuestras manos, lo que también reduce un poco la adhesión del vaho, pero no en la misma medida que el líquido anti-vaho y tampoco permite una visibilidad tan óptima.

**PRECAUCIÓN:** El líquido anti-vaho está compuesto por trazas de propanol, por lo que hay que tenerlo alejado de fuentes inflamables.

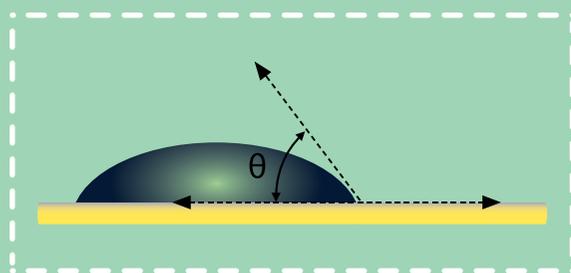
#### Material:

- Pincel
- Líquido anti-vaho
- Espejo
- Vidrio de reloj
- Vaso de precipitados



## Experiencia 11

### ÁNGULO DE HUMECTANCIA

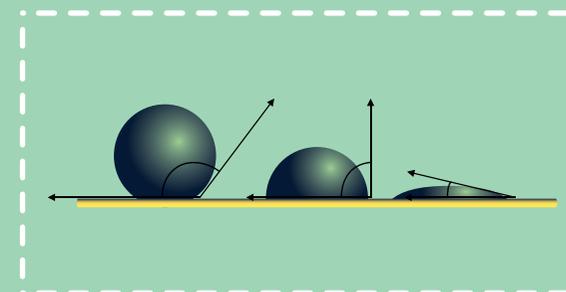


Ángulo de humectancia

**Divulgando:** El ángulo de humectancia es el que forma la superficie de un líquido al depositarse sobre un sólido. El valor del ángulo de contacto depende principalmente de la relación que existe entre las fuerzas de adhesión entre el líquido y el sólido y las fuerzas cohesivas del líquido. Cuando las fuerzas de adhesión con la superficie del sólido son muy grandes en relación a las fuerzas cohe-

sivas, el ángulo de humectancia es menor de  $90^\circ$ , teniendo como resultado que el líquido moja la superficie.

Podemos decir que una superficie hidrofoba tiene un ángulo de humectancia superior a  $90^\circ$  y una hidrofílica tendrá un ángulo inferior a  $90^\circ$ .



Diferentes ángulos de humectancia



Para poder observar este ángulo, nos vamos a ayudar de la lupa USB y visualizaremos la imagen en un ordenador.

**Protocolo:** En primer lugar conectamos la lupa al ordenador y enfocamos algún material, por ejemplo la manga de nuestro jersey o un cabello, para ver el aumento de la imagen. A continuación depositamos una gota de agua

encima del fragmento de tissu-sec con ayuda de la pipeta Pasteur. Observamos que la gota no impregna la tela. A continuación enfocamos con nuestra lupa y observamos la imagen en el ordenador. Observaremos un ángulo de humectancia mayor de  $90^\circ$ .

**OBSERVACIONES:** Para que la lupa funcione hay que instalar previamente los drivers que

se encuentra en el CD que acompaña el material.

#### **Material:**

- Lupa USB
- Pipeta Pasteur
- Trozo de tela hidrofóbica
- Vaso de precipitados

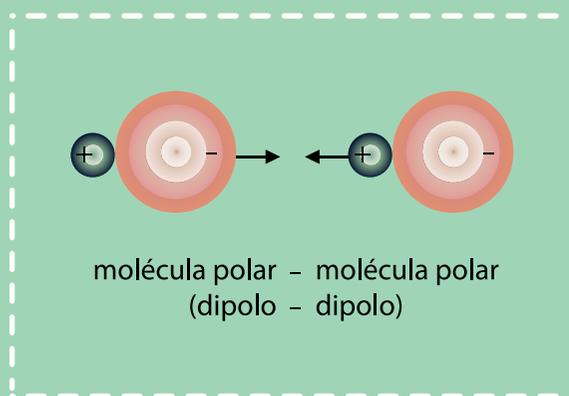
#### **Proporcionado por el profesor:**

- Ordenador
- Agua

## Experiencia 12

### ARENA MÁGICA

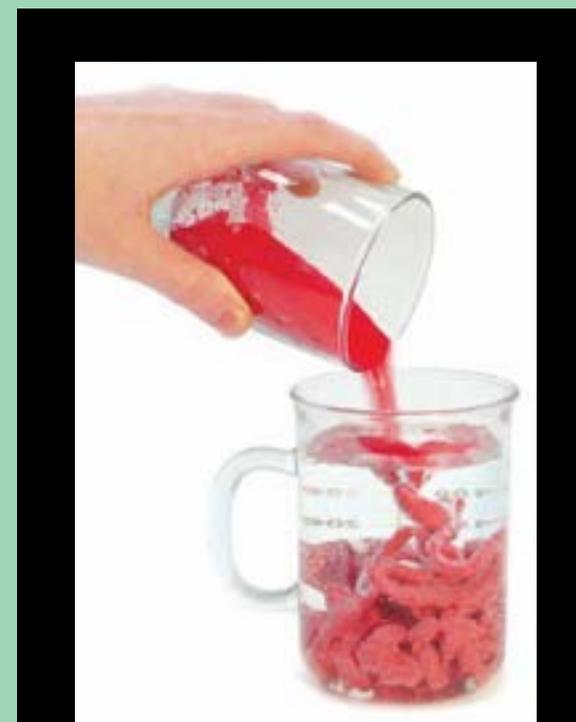
**Divulgando:** El agua es una sustancia polar, cuando se acerca a otra sustancia también polar como la arena (formada por sílice) hay una atracción de tipo eléctrico, los polos se orientan y se atraen como las cargas eléctricas. El agua moja a la arena.



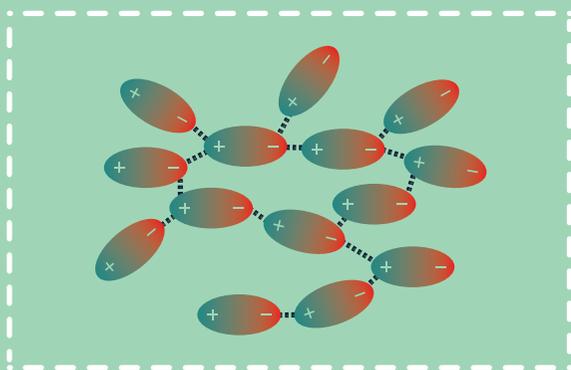
Interacción dipolos

En este experimento vamos a utilizar una arena mágica, que en realidad es sílice tratada con vapores de trimetilhidroxisilano ( $\text{CH}_3)_3\text{SiOH}$ , lo que la convierte en una sustancia apolar y por tanto hidrófoba ya que dejará de tener afinidad por el agua. El agua no llega a mojar la arena.

**Protocolo:** Llenamos el vaso de precipitados con agua y ponemos una pequeña cantidad de arena en uno de los filtros. A continuación sumergimos el filtro con la arena en el vaso. Cuando lo saquemos podremos observar que la arena se ha mojado. A continuación repetimos la operación utilizando la arena mágica. Podemos observar a simple vista que la arena no se moja. También podemos visualizar que los granos de arena mágica permanecen secos con ayuda de la lupa USB. La arena normal está formada por pequeños granos



de sílice, que es una sustancia hidrófila por lo que tiene afinidad por el agua. El agua es una sustancia polar, cuando se acerca otra sustancia también polar (como la sílice) hay una atracción de tipo eléctrico, los polos se orientan y se atraen como las cargas eléctricas. El agua moja a la arena.



Interacciones dipolares

La arena mágica es sílice tratada con vapores de trimetilhidroxisilano( $\text{CH}_3$ )<sub>3</sub>SiOH, lo que convierte a la arena en una sustancia apolar y por tanto hidrófoba ya que dejará de tener afinidad por el agua.

Al observar lo que ocurre con una lupa veremos como el agua no llega a mojar la arena.

**OBSERVACIONES:** En el caso de añadir la arena directamente sobre el agua, recuperar la arena con ayuda de un colador y guardarla en otro recipiente para poderla reutilizar en futuras experiencias. No mezclar la arena reciclada con la original.

#### Material:

- Arena mágica
- Arena normal
- Lupa USB (opcional)
- Filtros arena
- Vaso de precipitados

#### Proporcionado por el profesor:

- Agua

### NITINOL

#### A LA LUZ DE NUESTROS OJOS

Algunos materiales, como el nitinol, una aleación de níquel y titanio, presentan una peculiar propiedad, la “memoria de forma” que consiste en que el material recupera su forma original al calentarlo.

#### A LA LUZ DE LA NANOESCALA

El efecto “memoria de forma” no representa en sí un logro de la nanotecnología, pero permite la comprensión de los efectos del movimiento a nivel nanométrico. El cambio estructural que se produce al variar la temperatura es debido a la transición entre dos estructuras cristalográficas distintas de un mismo material.

El mecanismo más común de transición de fase consiste en el desplazamiento de átomos de sus posiciones de equilibrio, mediante un proceso conocido como difusión, para adoptar una nueva estructura más estable en las condiciones de presión y temperatura a las que se encuentra el material. Este tipo de transiciones se pro-

duce generalmente de una forma lenta.

Las aleaciones con memoria de forma deben sus propiedades a una transición de fase entre una estructura de tipo “austenita” y una de tipo “martensita”.

La “martensita” (de baja temperatura) es una fase menos cúbica. Una vez que se ha generado por enfriamiento la fase “martensita”, se puede realizar fácilmente una deformación plástica (permanente), pero la transformación por calentamiento recupera la única estructura de tipo “austenita” posible. Este efecto, a escala macroscópica, se manifiesta en la recuperación de la forma inicial.

Los metales con memoria tienen la propiedad de recordar su forma original, a la que vuelven al aplicarles un cambio de temperatura.



## Experiencia 13

### NITINOL

**Divulgando:** ¿Alguna vez habéis visto cómo se reordenan los átomos? Vais a ver como se reordenan los átomos de este metal, al calentar el metal cambia de estructura recuperando la única estructura posible, de forma que vuelve a su forma inicial. Es como si todos los alumnos de esta clase que habitualmente ocupáis los mismos asientos, cambiaseis de ubicación, pero manteniendo el orden de

la clase, de forma que el resultado fuese una clase más ordenada.

**Protocolo:** Se moldea un trozo de nitinol a la vista de los alumnos, a continuación se calienta con el secador y se observa como al aplicarle calor vuelve a su forma original, la que tenía antes de deformarlo.

#### Material:

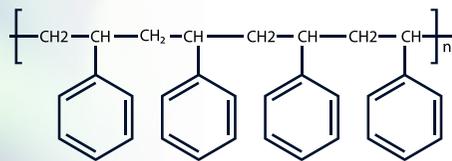
- Nitinol
- Secador



## MATERIALES COTIDIANOS CON MEMORIA DE FORMA

### A LA LUZ DE NUESTROS OJOS

El poliestireno (PS) es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno.



Fórmula poliestireno

Existen cuatro tipos principales:

- El poliestireno cristal, que es transparente, rígido y quebradizo.
- El poliestireno de alto impacto, resistente y opaco.
- El poliestireno expandido, muy ligero.
- El poliestireno extrusionado, similar al expandido pero más denso e impermeable.

Las aplicaciones principales del poliestireno son la fabricación de envases mediante extrusión-termoformado, y de objetos diversos mediante moldeo por inyección. Las formas expandida y extruida se emplean principalmente como aislantes térmicos en construcción y como elemento de protección en los embalajes de objetos frágiles.

Las ventajas principales del poliestireno son su facilidad de uso y su costo relativamente bajo. Sus principales desventajas son su baja resistencia a temperaturas elevadas, y dependiendo de su densidad, alta permeabilidad a los gases y al vapor de agua.



## A LA LUZ DE LA NANOESCALA

La fabricación de polímeros en una base de arcilla a nivel de nanotecnología produce un tipo de materiales alternativos, cuyas pruebas iniciales muestran que este tipo de nanopolímeros mejoran muchas de sus propiedades fisicoquímicas, especialmente en cuanto a sus propiedades térmicas y mecánicas.

El uso de nanocompuestos provee una gran oportunidad para superar las limitaciones que pueda presentar el poliestireno.

Entre los tipos de nanocompuestos más usados están los silicatos laminados (arcillas), nanotubos de carbono y los nano-whiskers de celulosa, titanato laminado ultra fino.



## Experiencia 14

### MATERIALES COTIDIANOS CON MEMORIA DE FORMA

**Divulgando:** El objetivo de la actividad es mostrar cómo algunos materiales que utilizamos en la vida cotidiana, en determinadas condiciones, pueden recuperar la forma que tenían antes de ser transformados (memoria de forma). Es el caso de algunos termoplásticos.

En este caso el plástico utilizado es un enva-

se de "Petit Suisse" fabricado con poliestireno (PS). El poliestireno es un polímero constituido por moléculas que forman cadenas muy largas; cuando se moldea para fabricar los envases las cadenas se estiran. Al elevar la temperatura las cadenas tienden a recuperar su disposición inicial.

**Protocolo:** Primero encendemos el mechero Bunsen.

Con ayuda de unas pinzas cogemos el envase y lo colocamos encima de la fuente de calor evitando el contacto directo.

Mantenemos el envase cerca de la fuente de calor a la vez que lo giramos con cuidado con



ayuda de las pinzas. El envase empieza a “encogerse”.

Cuanto más despacio se realice el procedimiento, mejor resultará el experimento. Si el proceso es lo suficientemente lento, al final, obtendremos el trozo de lámina de plástico que se utilizó para fabricar el envase. El efecto es más espectacular si se utiliza un envase con líneas de colores.

A continuación se puede realizar el mismo procedimiento con otro recipiente de plástico, como un vaso y observar la diferencia.

**PRECAUCIÓN:** Hay que tomar las medidas de seguridad apropiadas para evitar quemaduras derivadas de la manipulación de la fuente de calor.



#### Material proporcionado por el profesor:

- Mechero Bunsen
- Envase de poliestireno (“Petit Suisse”)
- Pinzas
- Mechero o cerillas

### A LA LUZ DE NUESTROS OJOS

La conductividad eléctrica es la capacidad de un material para dejar circular libremente las cargas eléctricas a través de él. Depende, entre otros factores, de la estructura atómica y molecular del material.

El **grafito** es una de las formas alotrópicas (posibles estructuras sólidas) en las que se puede encontrar el carbono. Está formado por láminas de hexágonos de carbono, apiladas entre sí. A lo largo de las capas, se comporta como un conductor semimetálico.

El **grafeno** también está formado por átomos de carbono dispuestos en un patrón regular hexagonal, similar al grafito, pero formando una única capa, es decir, una finísima lámina, de un solo átomo de espesor.

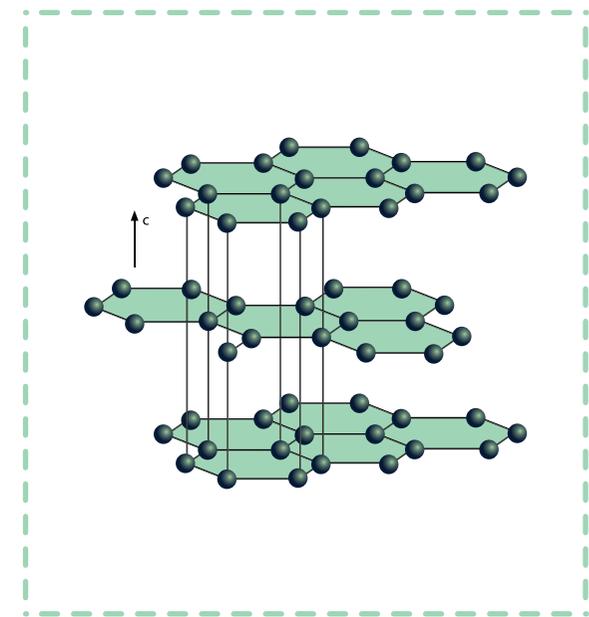
Posee muchas propiedades sobresalientes: es transparente, flexible, extraordinariamente resistente, impermeable y conduce la electricidad mejor que ningún otro metal conocido.

Aunque fue sintetizado por primera vez en 2004, saltó a la fama en 2010 cuando sus descubridores, los investigadores de origen ruso Andre Geim (Sochi, 1958) y Konstantin Novoselov (Nizhny Tagil, 1974) recibieron el Premio Nobel de Física, por su obtención a partir de grafito.

### A LA LUZ DE LA NANOESCALA

Las uniones entre los átomos de carbono de una misma lámina son muy fuertes, ya que son enlaces covalentes, en donde cada átomo de C está unido a otros tres, por lo que tienen una hibridación “sp<sup>2</sup>”. Esta hibridación supone que cada átomo de carbono tendrá un orbital “p” sin hibridar albergando un electrón desapareado. Esto provoca que se forme una densidad electrónica deslocalizada por encima y por debajo de los anillos hexagonales, y esta deslocalización de la carga es lo que provoca la conducción eléctrica de este material. El carbono se comporta como un conductor a lo largo de una capa, pero sin embargo opone mucha más resistencia a la conducción perpendicular a las capas,

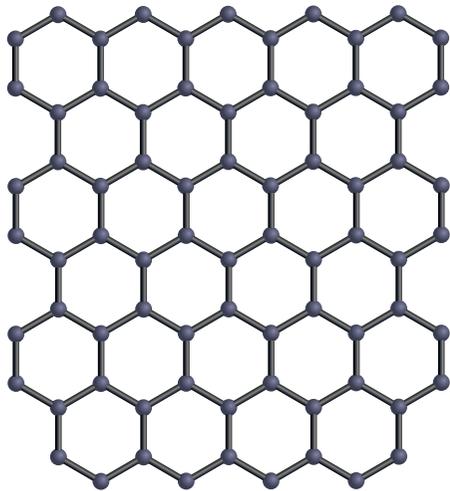
comportándose como un semiconductor.



Grafito

Por otro lado, las uniones entre los átomos de C de láminas diferentes es mucho más débil, ya que se tratan de interacciones de Van der Waals. Por esta razón el grafito se puede exfoliar, romper en capas, y esto es lo que le permite usarse como material para la punta de los lapiceros.

El grafeno es un nuevo material formado únicamente por una fina capa de átomos de carbono, es un teselado hexagonal plano (como un panal de abeja) formado por átomos de carbono y enlaces covalentes que se forman a partir de la superposición de los híbridos  $sp^2$  de los carbonos enlazados.



Grafeno



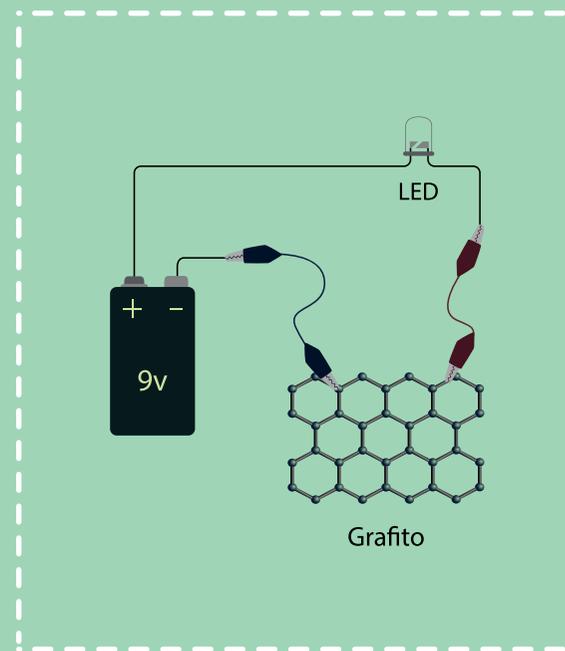
## Experiencia 15

### CIRCUITO ELÉCTRICO CON GRAFITO

**Divulgando:** Se comienza preguntando a los alumnos: ¿Sabéis que todos los diamantes de las joyerías, algún día acabarán convirtiéndose en grafito, en mina de lápiz? Tardaran mucho tiempo, pero acabarán así. Esto ocurre porque el diamante y el grafito son lo mismo (desde el punto de vista de su composición, claro), están constituidos por los mismos átomos, carbono, solo se diferencian en la organización de estos en el espacio. Y esto es lo que les confiere unas propiedades tan distintas, a uno y a otro. Uno de los de los descu-

brimientos más importantes de este siglo ha sido el grafeno, el cual también está formado por átomos de carbono, y que ha asombrado a todo el mundo por sus prometedoras propiedades, jamás vistas en otro material.

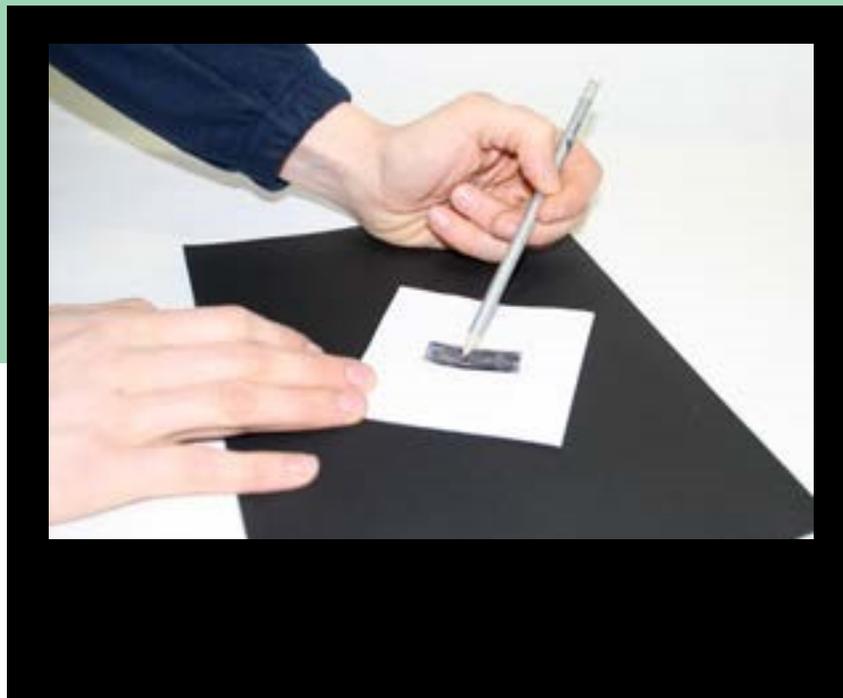
**Protocolo:** Lo primero que haremos es construir el circuito y conectar el LED siguiendo este esquema.



Esquema circuito

Una vez que lo tengamos preparado, dibujaremos un rectángulo sobre una hoja de papel y lo pintaremos con la barra de grafito. El rectángulo tiene que ser de varios centímetros de longitud y tenemos que ser generosos a la hora de pintarlo para que quede relleno de una buena capa de grafito.

Una vez tenemos todo, es hora de colocar sobre el rectángulo de grafito las dos pinzas. El LED se enciende. Ahora podemos mover las pinzas a través del rectángulo, alejándolas y juntándolas, para observar lo que ocurre.



#### **Material:**

- Barra de grafito
- LED
- Pila de 9v
- 4 cables con pinzas

#### **Proporcionado por el profesor:**

- 1 folio



Instituto Universitario de Investigación  
en Nanociencia de Aragón  
Universidad Zaragoza



# ANEXO V

## ENCUESTA PARA EVALUACIÓN PROGRAMA DE DESARROLLO DE CAPACIDADES

- 1) ¿Qué actividad te ha gustado más? ¿Cuál es la que menos?
- 2) ¿Qué tema incorporarías al programa de desarrollo de capacidades?
- 3) ¿Cuál de los retos planteados te ha resultado más difícil de comprender?
- 4) ¿A cuál de los temas le dedicarías más tiempo?
- 5) ¿Te parece interesante el programa? ¿Por qué?
- 6) ¿Te gustaría que hubiera más horas a la semana de este programa?
- 7) ¿Contarías tu experiencia a los compañeros de clase? ¿De qué forma?

# ANEXO N° VI

## ENCUESTA PARA EVALUACIÓN PROGRAMA DE DESARROLLO DE CAPACIDADES

- 1) ¿Qué actividad te ha gustado más? ¿Cuál es la que menos?  
*Cristalización y la que menos no se me ocurre ninguna.*
- 2) ¿Qué tema incorporarías al programa de desarrollo de capacidades?  
*Informática*
- 3) ¿Cuál de los retos planteados te ha resultado más difícil de comprender?  
*Los juegos mentales*
- 4) ¿A cuál de los temas le dedicarías más tiempo?  
*Al de acertijos*
- 5) ¿Te parece interesante el programa? ¿Por qué?  
*Si. Porque me enseña cosas que de normal no se hacen*
- 6) ¿Te gustaría que hubiera más horas a la semana de este programa?  
*Si. Que hubiera 2 horas.*
- 7) ¿Contarías tu experiencia a los compañeros de clase? ¿De qué forma?  
*Si. Con un video.*

## ENCUESTA PARA EVALUACIÓN PROGRAMA DE DESARROLLO DE CAPACIDADES

1) ¿Qué actividad te ha gustado más? ¿Cuál es la que menos?

La cristalización, El criptografía

2) ¿Qué tema incorporarías al programa de desarrollo de capacidades?

El cubo de rubik

3) ¿Cuál de los retos planteados te ha resultado más difícil de comprender?

El criptografía

4) ¿A cuál de los temas le dedicarías más tiempo?

A los juegos ~~de las ra~~ ingenieros.

5) ¿Te parece interesante el programa? ¿Por qué?

Sí. Porque hacemos más cosas que no hacemos en el clase.

6) ¿Te gustaría que hubiera más horas a la semana de este programa?

Sí.

7) ¿Contarías tu experiencia a los compañeros de clase? ¿De qué forma?

Sí. Como ha sido este clase, qué hicimos, etc.

## ENCUESTA PARA EVALUACIÓN PROGRAMA DE DESARROLLO DE CAPACIDADES

1) ¿Qué actividad te ha gustado más? ¿Cuál es la que menos?

La que mas me ha gustado es la de cristalización. La que menos la del código de criptografía

2) ¿Qué tema incorporarías al programa de desarrollo de capacidades?

Mas juegos de desarrollo como los últimos

3) ¿Cuál de los retos planteados te ha resultado más difícil de comprender?

El de las cuerdas

4) ¿A cuál de los temas le dedicarías más tiempo?

Juego de las cuerdas y anillas

5) ¿Te parece interesante el programa? ¿Por qué?

Si, porque tienes que pensar mas pero a la vez te diviertes

6) ¿Te gustaría que hubiera más horas a la semana de este programa?

Si

7) ¿Contarías tu experiencia a los compañeros de clase? ¿De qué forma?

Si que la contaría y de forma para que los demás les diera ganas de hacerlo también

## ENCUESTA PARA EVALUACIÓN PROGRAMA DE DESARROLLO DE CAPACIDADES

1) ¿Qué actividad te ha gustado más? ¿Cuál es la que menos?

La que más me ha gustado ha sido la de los cuerdos  
La que menos cristalización

2) ¿Qué tema incorporarías al programa de desarrollo de capacidades?

Más adivinanzas

3) ¿Cuál de los retos planteados te ha resultado más difícil de comprender?

Unacelias  
El de los cuerdos (tienes una esposa embarazada con el compañero y  
tienes que desordenar te)

4) ¿A cuál de los temas le dedicarías más tiempo?

Adivinanzas

5) ¿Te parece interesante el programa? ¿Por qué?

Si porque tienes la oportunidad de aprender sin estudiar

6) ¿Te gustaría que hubiera más horas a la semana de este programa?

Si

7) ¿Contarías tu experiencia a los compañeros de clase? ¿De qué forma?

Si

## ENCUESTA PARA EVALUACIÓN PROGRAMA DE DESARROLLO DE CAPACIDADES

1) ¿Qué actividad te ha gustado más? ¿Cuál es la que menos?

Cristalización . Encriptación.

2) ¿Qué tema incorporarías al programa de desarrollo de capacidades?

No se me ocurre ninguna

3) ¿Cuál de los retos planteados te ha resultado más difícil de comprender?

Ninguno

4) ¿A cuál de los temas le dedicarías más tiempo?

Al de los juegos de ingenio.

5) ¿Te parece interesante el programa? ¿Por qué?

Sí. Es divertido y propone temas interesantes.

6) ¿Te gustaría que hubiera más horas a la semana de este programa?

Sí.

7) ¿Contarías tu experiencia a los compañeros de clase? ¿De qué forma?

No.

ENCUESTA PARA EVALUACIÓN PROGRAMA DE DESARROLLO DE CAPACIDADES

1) ¿Qué actividad te ha gustado más? ¿Cuál es la que menos?

Las cuerdas, Pirámide.

2) ¿Qué tema incorporarías al programa de desarrollo de capacidades?

Esta actividad. Juegos de ingenio.

3) ¿Cuál de los retos planteados te ha resultado más difícil de comprender?

~~Los~~ a sacar un anillo.

4) ¿A cuál de los temas le dedicarías más tiempo?

Las esposas.

5) ¿Te parece interesante el programa? ¿Por qué?

Si, porque es interactivo.

6) ¿Te gustaría que hubiera más horas a la semana de este programa?

Si.

7) ¿Contarías tu experiencia a los compañeros de clase? ¿De qué forma?

No.

## ENCUESTA PARA EVALUACIÓN PROGRAMA DE DESARROLLO DE CAPACIDADES

1) ¿Qué actividad te ha gustado más? ¿Cuál es la que menos?

La actividad que más me ha gustado es la de cristalización y la que menos la de exponer el cuadro porque se pasan muchos niños

2) ¿Qué tema incorporarías al programa de desarrollo de capacidades?

Aprender a hacer cubos de ruby.

3) ¿Cuál de los retos planteados te ha resultado más difícil de comprender?

Los juegos de ingenio.

4) ¿A cuál de los temas le dedicarías más tiempo?

Al de criptografía, porque ~~hay muchos~~ es muy interesante

5) ¿Te parece interesante el programa? ¿Por qué?

Sí, porque aprendes cosas que en clase no aprendes y aprendes divirtiéndote

6) ¿Te gustaría que hubiera más horas a la semana de este programa?

Sí

7) ¿Contarías tu experiencia a los compañeros de clase? ¿De qué forma?

Sí, diciéndoles que te puede servir de mucho e invitándoles a alguna clase o planteándoles algún juego que hemos hecho aquí

## ENCUESTA PARA EVALUACIÓN PROGRAMA DE DESARROLLO DE CAPACIDADES

1) ¿Qué actividad te ha gustado más? ¿Cuál es la que menos?

Juegos de estrategia y lo que menos el código de moise.

2) ¿Qué tema incorporarías al programa de desarrollo de capacidades?

Adivinanzas y acertijos para desarrollar la ~~de~~ capacidad de razonamiento.

3) ¿Cuál de los retos planteados te ha resultado más difícil de comprender?

Código moise.

4) ¿A cuál de los temas le dedicarías más tiempo?

A los juegos de estrategia.

5) ¿Te parece interesante el programa? ¿Por qué?

A veces, porque a veces hacemos cosas interesantes y otras no.

6) ¿Te gustaría que hubiera más horas a la semana de este programa?

Si.

7) ¿Contarías tu experiencia a los compañeros de clase? ¿De qué forma?

No, no me interesa hablarles de esta experiencia, no porque no me guste sino que me da pereza, pero a veces lo hago para fastidiarles un poco xD

## ENCUESTA PARA EVALUACIÓN PROGRAMA DE DESARROLLO DE CAPACIDADES

1) ¿Qué actividad te ha gustado más? ¿Cuál es la que menos?

La criptografía y la cristalización de que mas.

2) ¿Qué tema incorporarías al programa de desarrollo de capacidades?

Desarrollos de nuevos programas de ordenador

3) ¿Cuál de los retos planteados te ha resultado más difícil de comprender?

El de cuerdas que vemos hecho el día de hoy.

4) ¿A cuál de los temas le dedicarías más tiempo?

A la estrategia y a la criptografía.

5) ¿Te parece interesante el programa? ¿Por qué?

Si. Porque en el hacemos cosas que nunca haríamos en una clase. Y porque te hace funcionar mejor el cerebro

6) ¿Te gustaría que hubiera más horas a la semana de este programa?

Depende de que actividades se hicieran

7) ¿Contarías tu experiencia a los compañeros de clase? ¿De qué forma?

Si, siempre me preguntan que he hecho y se lo cuento todo con detalles

ENCUESTA PARA EVALUACIÓN PROGRAMA DE DESARROLLO DE CAPACIDADES

1) ¿Qué actividad te ha gustado más? ¿Cuál es la que menos?

Todas

2) ¿Qué tema incorporarías al programa de desarrollo de capacidades?

el de los cristales

3) ¿Cuál de los retos planteados te ha resultado más difícil de comprender?

Ninguno

4) ¿A cuál de los temas le dedicarías más tiempo?

al de los cristales

5) ¿Te parece interesante el programa? ¿Por qué?

Si

Porque es divertido

6) ¿Te gustaría que hubiera más horas a la semana de este programa?

Si

7) ¿Contarías tu experiencia a los compañeros de clase? ¿De qué forma?

Si Que es muy guay y que se hace muchas cosas

## ENCUESTA PARA EVALUACIÓN PROGRAMA DE DESARROLLO DE CAPACIDADES

1) ¿Qué actividad te ha gustado más? ¿Cuál es la que menos?

los códigos morsel no me gustaron. Y la que más es  
ir ahí hacer cristales.

2) ¿Qué tema incorporarías al programa de desarrollo de capacidades?

No se.

3) ¿Cuál de los retos planteados te ha resultado más difícil de comprender?

~~No me acuerdo.~~

Juegos de ingenio.

4) ¿A cuál de los temas le dedicarías más tiempo?

Resolver problemas

5) ¿Te parece interesante el programa? ¿Por qué?

Si, porque si.

6) ¿Te gustaría que hubiera más horas a la semana de este programa?

Siiiiii!!

7) ¿Contarías tu experiencia a los compañeros de clase? ¿De qué forma?

No. Porque no les interesa.

ENCUESTA PARA EVALUACIÓN PROGRAMA DE DESARROLLO DE CAPACIDADES

1) ¿Qué actividad te ha gustado más? ¿Cuál es la que menos?

No se

No se

2) ¿Qué tema incorporarías al programa de desarrollo de capacidades?

No se

3) ¿Cuál de los retos planteados te ha resultado más difícil de comprender?

No se

4) ¿A cuál de los temas le dedicarías más tiempo?

No se

5) ¿Te parece interesante el programa? ¿Por qué?

Si

No se

6) ¿Te gustaría que hubiera más horas a la semana de este programa?

Si

7) ¿Contarías tu experiencia a los compañeros de clase? ¿De qué forma?

Me da igual

Oral

## ENCUESTA PARA EVALUACIÓN PROGRAMA DE DESARROLLO DE CAPACIDADES

1) ¿Qué actividad te ha gustado más? ¿Cuál es la que menos?

La que más los juegos que son de pensar.

2) ¿Qué tema incorporarías al programa de desarrollo de capacidades?

~~Los juegos~~ Mas problemas para resolver

3) ¿Cuál de los retos planteados te ha resultado más difícil de comprender?

~~El~~ Código binario

4) ¿A cuál de los temas le dedicarías más tiempo?

Juegos de ingenio.

5) ¿Te parece interesante el programa? ¿Por qué?

Si, aprendes cosas y es divertido

6) ¿Te gustaría que hubiera más horas a la semana de este programa?

Si

7) ¿Contarías tu experiencia a los compañeros de clase? ¿De qué forma?

Si, ya que son cosas interesantes que podrían gustarles.

# ANEXO VII

## Rúbrica para evaluar “Transferencia de lo aprendido”

CATEGORÍA	GRAN MEJORÍA	BUENA MEJORÍA	ESCASA MEJORÍA	SIN MEJORA
<b>Muestra niveles de desarrollo en habilidades cognitivas, comunicacionales y de interacción social</b>	Los alumnos muestran excelentes habilidades comunicativas y de interacción con los demás	Los alumnos muestran buenas habilidades comunicativas y de interacción con los demás	Los alumnos muestran pocas habilidades comunicativas y de interacción con los demás	Los alumnos muestran nulas habilidades comunicativas y de interacción con los demás
<b>Muestra motivación y compromiso personal con la transferencia de lo aprendido, y hacerlo de manera creativa</b>	Los alumnos muestran gran motivación por transferir los aprendido a sus compañeros de clase	Los alumnos muestran buena motivación por transferir los aprendido a sus compañeros de clase	Los alumnos muestran poca motivación por transferir los aprendido a sus compañeros de clase	Los alumnos muestran nula motivación por transferir los aprendido a sus compañeros de clase
<b>Muestra soltura y flexibilidad al utilizar diferentes recursos en función de la transferencia</b>	Los alumnos muestran excelente soltura en la comunicación	Los alumnos muestran suficiente soltura en la comunicación	Los alumnos muestran poca soltura en la comunicación	Los alumnos muestran nula soltura en la comunicación
<b>Muestra capacidad de previsión en la forma en que organiza sus habilidades y cómo aplica en determinadas situaciones el resto de las competencias que posee</b>	Los alumnos demuestran gran capacidad de previsión y organización en la aplicación de sus habilidades	Los alumnos demuestran buena capacidad de previsión y organización en la aplicación de sus habilidades	Los alumnos demuestran poca capacidad de previsión y organización en la aplicación de sus habilidades	Los alumnos demuestran nula capacidad de previsión y organización en la aplicación de sus habilidades
<b>Comunica con facilidad los resultados de su trabajo</b>	Los alumnos comunican con gran facilidad los resultados obtenidos en el Aula	Los alumnos comunican con suficiente facilidad los resultados obtenidos en el Aula	Los alumnos comunican con poca facilidad los resultados obtenidos en el Aula	Los alumnos comunican con nula facilidad los resultados obtenidos en el Aula
<b>Valor</b>	2 puntos	1,5 puntos	1 puntos	0,5 puntos

TOTAL VALORACIÓN.....