



**Universidad
Zaragoza**

Trabajo Fin de Grado

Magisterio en Educación Primaria

El tobogán como objeto didáctico. El modelo STEAM y la metodología por indagación en Educación Primaria.

The slide as a didactic object. STEAM model and inquiry-based methodology in Primary Education.

Autor

Nicolás Rodríguez Romero

Director

Óscar Pueyo Anchuela

FACULTAD DE EDUCACIÓN
2022

Índice

1. Introducción.....	Pág. 7
2. Marco teórico.....	Pág. 9
2.1. El modelo STEAM bajo la perspectiva de diferentes autores.....	Pág. 9
2.2. El modelo STEAM, la interdisciplinariedad y las metodologías activas.....	Pág. 11
2.3. Elementos representativos del modelo STEAM.....	Pág. 12
2.4. Los espacios y la cultura Maker.....	Pág. 13
2.5. Vinculación de la metodología STEAM con el currículo educativo oficial.....	Pág. 14
2.6. Construcción de conocimientos a través de la metodología de indagación.....	Pág. 15
2.7. La evaluación del proyecto.....	Pág. 21
3. Contextualización del proyecto al espacio educativo curricular.....	Pág. 25
3.1. Descripción de la propuesta.....	Pág. 25
3.2. Marco curricular en el que se desarrolla la propuesta.....	Pág. 26
3.3. Conocimientos y experiencias previas.....	Pág. 28
3.4. Contenidos curriculares y conceptos implicados en la experiencia.....	Pág. 36
3.5. Temporalización y estructuración de la actividad.....Pág. 38
4. Secuenciación docente de la actividad.....	Pág. 39
Fase 1. Aterrizando el proyecto en el aula.....	Pág. 39
Fase 2. Experimentación.....	Pág. 41
Fase 3. Diseño de un prototipo 3d.....	Pág. 54
5. Evaluación.....	Pág. 61
6. Conclusiones y valoración personal.....	Pág. 69

7. Referencias bibliográficas.....Pág. 73

8. Anexos

Anexo 1. Tabla que recoge los conceptos y forma de aproximación a los contenidos del proyecto STEAM separados por áreas y recogidos en el BOA (Orden de 16 de junio de 2014)

Anexo 2. Temporalización y estructuración de la experiencia. Línea del tiempo: Proyecto STEAM tobogán.

Anexo 3. Resultados obtenidos de la experimentación en laboratorio.

Anexo 4. Guión del estudiante.

Anexo 5. Propuesta de evaluación final.

Resumen

En este trabajo se aborda un proyecto de aprendizaje STEAM empleando la indagación como metodología de trabajo. Se propone un proyecto interdisciplinar para diseñar el tobogán del patio del colegio. La actividad se orienta a estudiantes de tercer ciclo de la etapa de Educación Primaria. La experiencia pretende un aprendizaje experiencial de conceptos complejos como pueden ser las fuerzas (de contacto y a distancia), la energía (conservación), trabajo, calor y rozamiento. Estos conceptos se incluyen en contenidos curriculares referidos a las áreas de Ciencias Naturales (características y tipos de energía, definición y propósito de las máquinas simples, funcionamiento del plano inclinado como forma de facilitar el trabajo), Matemáticas (procedimientos de medida, análisis de resultados y aplicación de escalas) y Educación Artística (generación de bocetos, maquetas y diseños a través de programas de edición 3D). La actividad se desarrolla con fases cooperativas con un objetivo colaborativo final, y donde se desarrollan actitudes y aptitudes sobre la ciencia a través de fomentar la observación, reflexión, predicción, generalización, argumentación y debate a nivel de grupos de trabajo y grupo clase. Los conceptos trabajados se desarrollan de forma experiencial para el desarrollo de modelos precursores de los fenómenos y dentro de un contexto motivador asociado al diseño de una de las atracciones del parque escolar.

Palabras clave: STEAM, metodología indagadora, energía, plano inclinado, máquinas simples, diseño 3D.

Abstract: In this work a STEAM learning project is presented where the inquiry-based methodology is used. The project is proposed as an interdisciplinary approach to design a slide for the school playground. The activity is designed for students of the third Primary Education period and it is focused on experiential learning of complex concepts such forces (by contact and distance), energy (conservation), work, heat and friction. Those concepts are included as curricular contents and referred to the core curriculum of subjects like Natural Science (features and energy types, definition and purpose of simple machines, inclined plane that makes work easier), Mathematics (measurement procedures, result analyses and scales change) and Artistic Education (drafts generation, scale models and 3D design through edition software). The activity is developed with cooperative phases, aimed to a final collaborative objective, where attitudes and skills about science, related to observation, thinking, prediction, generalization, argumentation and group and class debate, are developed. Learning concepts are developed in an experiential approach, in order to develop precursor models related to the studying phenomenon and inside of a motivational context, associated to the design of one of the school playground facilities.

Keywords: STEAM, inquiry-based methodology, energy, inclined plane, simple machines, 3D design.

1. Introducción

Partiendo de la contextualización STEAM y empleando la indagación como metodología de trabajo, esta propuesta de didáctica aborda conceptos relacionados con la energía, las máquinas simples o las fuerzas en el aula de Educación Primaria para desarrollar un tobogán por parte de todo el grupo-clase de forma colaborativa y participativa a modo de producto final.

Se trata de una experiencia interdisciplinar diseñada para los estudiantes de tercer ciclo de la etapa de Educación Primaria, que a través del diseño y desarrollo del producto final, plantea un aprendizaje experiencial de conceptos complejos como pueden ser las fuerzas de contacto y a distancia, los principios de conservación y transformación de la energía, y otros fenómenos como el concepto de trabajo, calor y rozamiento.

Aunque estos conceptos se incluyen en contenidos curriculares referidos a las áreas de Ciencias Naturales, la propuesta didáctica no solo se centra en esta área, engloba también contenidos matemáticos y de educación artística con el fin de garantizar la interdisciplinariedad del proyecto STEAM. La actividad cuenta con una serie de fases cooperativas que terminan con un objetivo colaborativo final. A través de las diferentes fases en las que se estructura la experiencia, se desarrollan actitudes y aptitudes sobre la ciencia fomentando la observación, reflexión, predicción, generalización, argumentación y debate a nivel de grupos de trabajo y grupo clase. Los conceptos trabajados se desarrollan de forma experiencial para el desarrollo de modelos precursores de los fenómenos y dentro de un contexto motivador asociado al diseño de una de las atracciones del parque escolar.

Todos estos aspectos trabajados forman parte de un proyecto conjunto, donde cada una de las actividades realizadas persigue una serie de objetivos de aprendizaje determinados, aunque todas ellas contribuyen al desarrollo del tobogán como producto final. A diferencia de otros planteamientos STEAM que casi exclusivamente centran sus esfuerzos en el manejo de herramientas digitales y otros recursos tecnológicos, dejando al margen el resto de áreas que dan nombre a la metodología, a través de esta experiencia se pretende dar visibilidad a los contenidos de las cinco materias con el objetivo de construir un producto final lo más completo posible, así como contribuir en el desarrollo de los modelos precursores con los que continuar construyendo conocimiento en cursos y etapas posteriores.

Por otra parte, el llevar este tipo de experiencias al aula proporciona una perspectiva real acerca del cambio de paradigma en la enseñanza de las ciencias, pues la aproximación a la realidad se hace a través de actividades interdisciplinares en el aula, motivadoras y

aparentemente no relacionadas con la rutina habitual del colegio, y que puede ser una forma de aproximación a los conceptos teóricos que permitan y faciliten integrar los aprendizajes en la vida real y en la forma en que los estudiantes comprenden el mundo.

Se realiza en esta memoria una evaluación del marco teórico y curricular de los conceptos trabajados tanto metodológicamente como conceptualmente, se realiza un análisis de la evaluación a desarrollar en modelos de trabajo como el planteado, se propone una secuenciación de actividades, una propuesta de cuadernillo de trabajo para el estudiante con un análisis y reflexión para el docente, se analizan los resultados obtenidos (capacidad de identificar los fenómenos planteados en los cambios de variables definidos y el significado de dichos resultados en el marco de asimilación progresiva de los mismos), se fomenta el desarrollo de debates y discusión en el aula (reflexión grupal guiada por el docente y que fomenta la observación, reflexión y argumentación de los estudiantes) y se desarrolla una propuesta de marco de evaluación del proyecto STEAM y una secuenciación de seguimiento de los estudiantes para la evaluación formativa.

2. Marco teórico

En este apartado se realiza una revisión de las diferentes conceptualizaciones que definen la metodología STEAM, relacionándola con los planteamientos interdisciplinares, las metodologías centradas en el estudiante y revisando los rasgos característicos que definen esta propuesta. Asimismo, se explora la conexión entre la reciente cultura Maker y las competencias propuestas por el currículo educativo oficial. Siguiendo la perspectiva normativa, se desarrolla una propuesta de trabajo, enmarcada dentro del contexto STEAM para garantizar el tratamiento interdisciplinar de los contenidos, pero utilizando la metodología de indagación como vehículo de construcción de aprendizajes significativos. Por último, se plantean las características que una evaluación multidimensional debe considerar, que incluye tanto valorar los resultados finales del proyecto, realizar seguimiento y retroalimentación continua a los estudiantes a lo largo del proyecto, evaluar el grado de consecución de los distintos objetivos de aprendizaje y valorar la adecuación del diseño y producto final a los objetivos didácticos propuestos.

2.1. El modelo STEAM bajo la perspectiva de distintos autores.

El modelo educativo STEM propone la integración de los contenidos de cuatro disciplinas científicas en un marco único e interdisciplinar. STEM es el acrónimo de Science, Technology, Engineering and Mathematics. Este modelo pretende relacionar los principios y conceptos de estas cuatro áreas, planteando un aprendizaje interdisciplinar, enfocado en la resolución de situaciones y problemas vinculados a la realidad cotidiana, con el apoyo de la tecnología y de forma colaborativa.

En las experiencias STEM se evita la compartimentación de los contenidos de las distintas áreas y éstos se trabajan de manera conjunta y simultánea. Cada materia juega un papel en el proceso de aprendizaje, al tiempo que aporta unas competencias y habilidades que son complementarias entre sí. De acuerdo con Sánchez (2018) las ciencias facilitan a los estudiantes un método con el que observar y estudiar críticamente el medio natural. La ingeniería, junto con los recursos tecnológicos, proporciona técnicas y herramientas para la construcción de prototipos. Las matemáticas aportan una serie de estrategias y habilidades, tanto para la interpretación del entorno, como para el desarrollo del pensamiento crítico y la resolución de problemas. Sin embargo, la integración supone también el desarrollo de habilidades y competencias, sinergias en los resultados de aprendizaje, y un conocimiento aplicado a la vida cotidiana y la forma en la que nos desarrollamos en sociedad.

Desde hace algunos años, el acrónimo STEM se ha completado con la A de Arts, ya que al combinar las habilidades artísticas y creativas con las competencias de las demás áreas se potencian destrezas como el pensamiento divergente, la creatividad e innovación, que permite dar respuesta a diferentes problemáticas aprovechando los recursos tecnológicos disponibles (Sevilla y Solano, 2020). Las destrezas de las cinco áreas combinadas configuran una forma de expresión, representación y resolución de problemas que son imposibles de alcanzar a través de metodologías aisladas en las distintas áreas o a partir de aprendizajes únicamente magistrales.

Zollman (2012) señala los beneficios de plantear experiencias STEAM en edades tempranas. Según este autor esta metodología no sólo favorece el desarrollo de habilidades cognitivas en dichas áreas, sino que también se produce una mejora significativa en las habilidades lingüísticas y potencia la curiosidad innata de los estudiantes. Estos objetivos se engloban dentro de los hitos buscados dentro del diseño curricular (ver por ejemplo; LOE, 2006). Observando con perspectiva, las experiencias STEAM son situaciones vinculadas al mundo real, en las que los estudiantes se enfrentan a un problema que tienen que resolver. Para ello es necesaria la observación del mundo, lo que potencia el interés y cuestionamiento crítico; así como la verbalización de las observaciones, las estrategias y procedimientos de resolución y finalmente la propia respuesta al problema.

Por otra parte, la metodología STEAM se plantea como una alternativa eficaz a las limitaciones de la enseñanza tradicional, donde predominan las explicaciones puramente teóricas, el enfoque memorístico o los aprendizajes descontextualizados de las problemáticas actuales o reales (Osborne y Dillon, 2008). Desde hace algunas décadas, la sociedad ha experimentado cambios a un ritmo vertiginoso. Bien sea por la aparición de nuevos medios de información y comunicación, la consolidación de una aldea globalizada, o incluso las nuevas formas de ocio y entretenimiento. Estos cambios han producido una modificación de nuestra visión o perspectiva del mundo. La sociedad actual es completamente distinta a la visión que se tenía a principios de siglo y eso también requiere una actualización del sistema educativo y de la forma de enseñar y aprender. No obstante, el sistema educativo suele tardar tiempo en adaptarse al ritmo de cambio que caracteriza a la sociedad contemporánea. Si bien el mundo evoluciona rápidamente, el sistema educativo requiere urgentemente una transposición a la nueva realidad y acorde a los nuevos tiempos (Ortiz-Revilla et al. 2021).

Autores como Bybee (2013), Develaki (2020) o incluso el National Research Council (2014) señalan que las limitaciones de la enseñanza tradicional residen en el abuso de las clases magistrales y expositivas, así como en el tratamiento aislado y compartimentado de los

contenidos curriculares. Por su parte, la metodología STEAM propone un modelo educativo encaminado a superar la compartimentación de los contenidos curriculares de las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas. El enfoque STEAM aborda problemas complejos, aprovechando los recursos tecnológicos y las herramientas proporcionadas por cada una de las cinco áreas, dando soluciones creativas e innovadoras de forma integrada (Sevilla y Solano, 2020). Todo lo cual es una forma mucho más realista en la forma en que se resuelven los problemas y retos de la vida cotidiana.

Atendiendo a la perspectiva de otros autores, Quigley y Herro (2016) sostienen que a través del método STEAM se prepara a los estudiantes para los problemas del mundo real, desarrollando habilidades como el pensamiento crítico, la iniciativa y el espíritu emprendedor, la comunicación eficaz y la colaboración entre iguales. El desarrollo de estas competencias conduce a un desarrollo integral del alumnado, tanto a nivel cognitivo, como procedimental y actitudinal, lo que garantiza su integración efectiva en una sociedad en constante cambio.

2.2. El modelo STEAM, la interdisciplinariedad y las metodologías activas.

Si tomamos como referencia los problemas de la realidad cotidiana, en la mayoría de los casos, son interdisciplinarios (Echeverría 2019). Además, su resolución requiere de la integración de los aprendizajes teóricos y prácticos de varias áreas de conocimiento. No obstante, la educación STEAM no se limita al enfoque interdisciplinar. Para garantizar la construcción de conocimiento, los aprendizajes han de estar estrechamente ligados con la realidad. Únicamente a través de la vinculación de los aprendizajes con situaciones cotidianas podemos formar individuos funcionalmente competentes, es decir, personas que sepan cómo aprender a aprender, adaptarse a un entorno que cambia rápidamente y ser capaces de transformar la realidad desde la habilidad que implica el conectar, aplicar y relacionar de manera integral todas las disciplinas del conocimiento (Ruiz, 2017; UNESCO, 1970; Yakman 2008).

Metodologías como el aprendizaje basado en problemas (ABP), el aprendizaje por proyectos, el estudio de casos o las actividades de indagación facilitan la vinculación de los contenidos curriculares a los retos del mundo cotidiano. Todas estas propuestas se enmarcan dentro de las metodologías activas y comparten como característica común, la estrecha interacción que se produce entre maestro y estudiantes, entre iguales, entre estudiantes y el material didáctico, así como entre estudiantes y el contexto en el que se producen los aprendizajes (López-Noguero, 2005).

2.3. Elementos representativos del modelo STEAM.

Si bien se ha subrayado la interdisciplinariedad y la relación de los contenidos de aprendizaje con la realidad cotidiana como principios fundamentales de la metodología STEAM, Santillán (2019) añade otros rasgos característicos, como las habilidades sociales para resolver problemas, las estrategias creativas y las oportunidades y desafíos digitales.

Buena parte de las experiencias STEAM se organizan con el propósito de mejorar el trabajo cooperativo y colaborativo, poniendo en práctica los principios de interacción positiva definidos por Johnson y Johnson (1994) o los grupos de expertos ideados por Aronson (1978).

En la vida real los problemas rara vez afectan sólo a un individuo, suelen ser polifacéticos e interdisciplinarios, y aparecen acompañados de una componente social, que afecta a varias personas o en ocasiones incluso a un colectivo numeroso. La formación en habilidades sociales prepara a los estudiantes para alcanzar las competencias y conocimientos necesarios con los que observar críticamente, recopilar y analizar información, desarrollar estrategias, formular soluciones de manera conjunta y valorar las aportaciones de otros individuos.

En este tipo de experiencias, las habilidades sociales van de la cooperación a la colaboración. Se centran en la construcción grupal, entenderse y ser capaces de trabajar juntos, sin juicios negativos y confiando en que las aportaciones individuales sean tenidas en cuenta. Implica conocerse, aceptarse, confiar, desarrollar una identidad grupal y las sinergias en función de las capacidades individuales. Además de las habilidades sociales, se pueden desarrollar también habilidades científicas orientadas a la observación, discusión y argumentación a partir de la experimentación, la comunicación grupal y el respeto de las opiniones diferentes.

Las estrategias creativas están estrechamente relacionadas con la competencia artística, pues a través del arte y el desarrollo de la creatividad, se pretende generar en los estudiantes herramientas para una comunicación efectiva del conocimiento construido. Ejemplos de estos canales serían los diagramas y esquemas, la ilustración científica, la fotografía e incluso el video reportaje. Siguiendo esta línea argumental, la construcción de un prototipo o el desarrollo de un producto final, para concluir una experiencia STEAM, es una de las maneras más apropiadas de garantizar un aprendizaje significativo para los estudiantes. Ya sea de manera directa o indirecta, todo el trabajo se vuelca en la construcción de un objeto

didáctico, en el que se plasman todos los contenidos trabajados durante la experiencia y que puede constituir un punto de partida para futuras experiencias.

Las artes en la metodología STEAM se conciben como un medio de transmisión del contenido científico (Santillán, 2019). Por otra parte, estas metodologías pueden integrarse con el uso de las TIC y la Web 2.0 lo que supone una gran oportunidad y desafío, y que puede desarrollarse debido a la alta disponibilidad de recursos didácticos y herramientas disponibles (Arduino, Microbit, Lego, kits de prototipado, etc).

2.4. Los espacios y la cultura Maker

En este contexto de oportunidades y recursos surge un movimiento conocido como Cultura Maker. La democratización del mercado de componentes y equipos técnicos, como impresoras 3D, cortadoras láser o programas de programación, ha inspirado a un buen número de artistas, científicos, diseñadores, informáticos, ingenieros o simples amantes de la tecnología en un movimiento que busca fabricar objetos y desarrollar proyectos colaborativos e interdisciplinarios (Sánchez, 2019). Desde sus inicios, en torno al año 2005, la cultura y espacios Maker se han multiplicado. Habitualmente se conciben como espacios para probar a idear, un lugar donde profesionales y aficionados de las ramas que conforman la STEAM se reúnen para compartir recursos y conocimientos, trabajar en proyectos, fabricar prototipos o simplemente disfrutar de una afición común.

Los rincones o espacios Maker son muy variados, algunos cuentan con equipos sencillos y básicos, mientras que otros cuentan con herramientas y equipamientos más sofisticados. Estos espacios pueden estar dirigidos por expertos o sencillamente constituir una comunidad de “makers” que aprenden a partir de la observación y la interacción entre aficionados. Independientemente de las diferencias, todos buscan crear un espacio creativo destinado a compartir los esfuerzos y aprendizajes. Esta idea resulta interesante para el ámbito educativo, pues si el contexto educativo lo permite, la idea de un espacio creativo y colaborativo dotado de equipamiento tecnológico didáctico puede contribuir a la creación de rincones maker en las propias aulas. Esta aproximación actual a través de entornos de aprendizaje no formal, podría pasar a formar parte del paisaje habitual de las aulas del siglo XXI. De nuevo Sánchez (2019), argumenta que la Cultura Maker puede ayudar a superar el enfoque excesivamente académico de la escuela, con demasiada teoría y muy poca práctica, convirtiendo el aprendizaje en un ente significativo y estimulante.

2.5. Vinculación de la metodología STEAM con el currículo educativo oficial.

Los nuevos enfoques descritos previamente y el objetivo de conseguir aprendizajes significativos, que preparen a nuestros estudiantes para su futuro y a aprender a ver el mundo con los “ojos del conocimiento”, supone un reto aún mayor que es su integración con el marco legislativo y curricular. Este marco estructurado en disciplinas, horarios concretos, y referencias a aprendizajes concretos conduce a la persistencia de los modelos reproductivos y expositivos frente a los vinculados a los objetivos STEAM.

Para obtener esta integración se requiere un diseño que relacione tanto las competencias clave de las áreas propias involucradas en el STEAM, como aquellas relacionadas con la contextualización propuesta por el marco normativo, los aprendizajes transversales y la interdisciplinariedad que la vida real implica.

Sin una articulación armónica entre el marco normativo, el sistema educativo en el que se inscribe y los objetivos de aprendizaje que se proponen para cada etapa, cualquier propuesta metodológica carece de sentido. En la Tabla 1 se recoge la propuesta realizada por Sánchez (2019) sobre los contenidos recogidos en la LOMCE, la Unión Europea y las dimensiones de la metodología STEAM. Dicha comparación permite identificar en qué medida se pueden correlacionar dichas competencias.

Además de la estrecha relación entre las Competencias clave para el aprendizaje permanente definidas por la Comisión Europea (2006) y la LOMCE, la educación STEAM requiere ir acompañada de una metodología que garantice el tratamiento eficaz de los contenidos curriculares. Una propuesta interesante es la utilización del método STEAM como metodología de estructuración curricular, combinada con una metodología de trabajo orientada a la construcción de aprendizajes significativos. De esta manera, mientras que STEAM se puede configurar como el marco de referencia, la forma de trabajo didáctico y de aprendizaje se puede articular a través de la indagación.

Los objetivos serían entonces desarrollar tanto aspectos relacionados con la competencia científica como con la construcción de aprendizajes significativos a través de proyectos interdisciplinares en las aulas de Educación Primaria.

Unión Europea	Competencias Clave LOMCE	Dimensiones STEAM
Comunicación en la lengua materna Comunicación en lenguas extranjeras	Competencia en comunicación lingüística (CCL)	Expresión y comunicación
Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología	Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT)	Pensamiento lógico Uso de productos tecnológicos Diseño Fabricación Proceso de resolución de problemas
Competencia digital	Competencia digital (CD)	Obtención y tratamiento de la información Pensamiento computacional
Aprender a aprender	Competencia para aprender a aprender (CPAA)	Aprender a aprender
Competencias sociales y cívicas	Competencias sociales y cívicas (CSC)	Trabajo colaborativo Pensamiento sistémico
Sentido de la iniciativa y espíritu de empresa	Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor (SIE)	Autonomía y desarrollo personal Emprendimiento Planificación y gestión Creatividad e innovación
Conciencia y expresión cultural	Conciencia y expresión cultural (CEC)	Cultura tecnológica

Tabla 1. *Relación entre las Competencias Clave europeas, propuestas por la LOMCE y las dimensiones de la educación STEAM (modificado de Sánchez, 2019).*

2.6. Construcción de conocimientos a través de la metodología de indagación.

Garritz (2010), en referencia a los Estándares Nacionales de Educación en Ciencia de los Estados Unidos (1996), plantea la metodología de indagación como un conjunto de actividades centradas en el estudiante y que tienen como objetivo construir conocimiento a partir de las observaciones de los fenómenos a estudiar, el planteamiento de preguntas, el cuestionamiento de las experiencias previas, la planificación de investigaciones, el trabajo experimental, el análisis e interpretación de los datos obtenidos, la comprobación de las predicciones, la propuesta de explicaciones y respuestas a las preguntas previas y la comunicación de los resultados. Desde la perspectiva del aprendizaje de las ciencias, se define la indagación como una metodología idónea para permitir a los estudiantes trabajar de un modo similar al empleado por los científicos y facilitar la comprensión de los procedimientos orientados a la construcción del conocimiento científico (Ferrés et al. 2013).

En enfoque STEAM y la indagación comparten características comunes, pues ambas son próximas a la realidad cotidiana y a los problemas que la caracterizan, permiten trabajar de manera interdisciplinar, fomentan los aprendizajes significativos, parten de un enfoque globalizador de las competencias, integran en una misma actividad conocimientos teóricos, habilidades prácticas, actitudes y habilidades sociales, mientras que además desarrollan el pensamiento crítico y analítico.

En la implementación en el aula, ambas metodologías tienen similitudes que permiten su integración en el aula. Sin embargo, en la estructuración y secuenciación, puede ser más interesante utilizar la propuesta STEAM como estructura en la que incorporar actividades de indagación. Esta integración permite un diseño interdisciplinar, un contexto de desarrollo en el que se enmarcan proyectos que engloban trabajo interdisciplinar y competencias transversales, y un paralelismo con los objetivos del marco curricular de referencia. Por otra parte, la forma de abordar los contenidos requiere ser desarrollada desde la indagación, lo que va a permitir construir conexiones entre ideas previas, fenómenos observados, conceptos y contenidos trabajados, resultados obtenidos, etc. Para garantizar que un proyecto STEAM proporcione aprendizajes significativos a los estudiantes, la indagación ha de ser la metodología de trabajo.

Si bien nuestra forma natural de aprendizaje pasa por vincular la nueva información a nuestra propia experiencia, a partir de la inducción y el pensamiento causal, la indagación desarrolla el aprendizaje en condiciones similares pero en un marco definido o estructurado. En este contexto se pueden generar escenarios alternativos donde se obtengan resultados desconocidos o inesperados a partir de los cuales construir conocimiento. La ciencia en ocasiones no es intuitiva, y la indagación pone de manifiesto aquellas ideas previas nacidas de la inducción pero que pueden no ser correctas desde la perspectiva de los conocimientos científicos. La actividad científica defiende la necesidad de disponer de un método con el que dudar razonadamente de aquellos fenómenos a los que estamos habituados, para buscar explicaciones lógicas sobre las que fundamentar dichos fenómenos (Del Carmen, 1997).

Cuando generamos el contexto adecuado para que los estudiantes puedan observar el medio, fenómeno o proceso de estudio, comprendiendo cómo se desarrolla, y dotándolos de la capacidad de interactuar con él, se puede producir el cuestionamiento de los conocimientos o saberes previos obtenidos de la causalidad en situaciones de observación no dirigida. Es a partir de este momento donde se produce una reorganización de los saberes e ideas iniciales y puede comenzar a adquirirse el saber científico, construyendo un modelo precursor con el que aprender a comprender la ciencia.

El trabajo de los docentes debe partir de los conocimientos y experiencias de los estudiantes, para identificar la presencia de ideas previas o alternativas, y contextualizar y orientar el diseño de las actividades con las que construir nuevos modelos de interacción desde los que confrontar la realidad y los modelos científicos de los fenómenos trabajados.

En las experiencias de indagación el docente adquiere un papel de presentador y guía de la propuesta, planteando situaciones que requieran un cuestionamiento crítico de los conocimientos previos, introduciendo cuestiones interdisciplinarias y pegadas a la realidad, ayudando a desarrollar las capacidades de los estudiantes, evitando las tareas y situaciones que favorecen las respuestas mecánicas y poco reflexivas, planteando situaciones didácticas en las que se pongan en juego aspectos teóricos, procedimentales y actitudinales, valorando las aportaciones de los estudiantes y fomentando el aprendizaje vivencial como medio de construcción del conocimiento (Garritz, 2010).

Todo lo cual implica un diseño estructurado de la actividad, con preguntas abiertas pero dirigidas al objetivo concreto a trabajar, y donde el docente debe estar preparado para guiar, reconducir y reestructurar a partir de lo observado. Esta reflexión de aprendizaje supone un cambio en la metodología expositiva tradicional en el aula y que tiene como objetivo principal que los estudiantes indaguen sobre las propuestas planteadas.

Enseñar ciencias implica construir puentes entre el saber científico, compartido por la comunidad científica, y los hechos observables. Esta conexión permite construir conocimiento con nuestros estudiantes, expresado en un lenguaje adaptado a las características del contexto escolar en el que se inscriben. Autores como Kolb (1984) y Hodson (1994), proponen modelos teóricos que fundamentan el aprendizaje científico. El modelo de Kolb (1984) concibe el aprendizaje como un proceso, en el que se genera conocimiento a través de la transformación de la experiencia.

Así, el aprendizaje, la adquisición de conocimientos, se produce a partir de la transformación de las experiencias sensoriales concretas que permiten construir conceptos e ideas más abstractas. Este proceso se organiza en cuatro fases, que forman parte de un sistema circular con cuatro estadios: experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa (Kolb, 1984).

Por otra parte, Hodson (1994) propone que en el aprendizaje de las ciencias intervienen tres dimensiones interrelacionadas: aprender ciencia, aprender a hacer ciencia y aprender sobre ciencia. Si bien estos tres aspectos son complementarios y necesarios para un desarrollo completo de la competencia científica, se diferencian en algunos matices.

Aprender ciencias puede limitarse a la adquisición de los conocimientos teóricos y conceptuales de las diferentes ramas científicas. Por otra parte, aprender a hacer ciencia se entiende como la implicación en las investigaciones y la resolución de los problemas planteados para cada rama de estudio. Y por último, el estudio de la naturaleza de la ciencia, el análisis de sus métodos de trabajo y la observación de las interacciones entre la comunidad científica, la sociedad moderna y los recursos tecnológicos, se enmarca dentro de aprender sobre la ciencia. El verdadero aprendizaje de las ciencias requiere trabajar las tres dimensiones ya que, como indica Hodson (1994), “cada uno de ellos contribuye a la comprensión de los restantes, pero ninguno es suficiente por sí solo”.

Del Carmen (2000) propone el uso de actividades de campo y laboratorio como un valioso recurso para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. En esta misma línea de pensamiento, Harlem (1989), Hodson (1993) y Claxton (1994) argumentan que este tipo de actividades representan un base sólida sobre la que desarrollar el razonamiento crítico y analítico, fomentar el pensamiento divergente, la curiosidad y la búsqueda de respuestas basadas en pruebas y las observaciones objetivas. Asimismo, suponen una experiencia motivadora con la que introducir los planteamientos teóricos de las ciencias y presentar el funcionamiento del método científico, o al menos, de las competencias de observación, reflexión, argumentación y generalización.

No obstante, para un planteamiento eficaz de estas actividades, es necesario tener en cuenta una serie de cuestiones. Los estudiantes adquieren un papel protagonista durante el desarrollo de estas experiencias, por lo que es imprescindible un alto grado de implicación y participación tanto de discentes como docentes. Por otra parte, implican el tratamiento de procedimientos científicos, por lo que puede requerir material técnico especializado, suelen desarrollarse en un ambiente alternativo al aula y su organización, planificación y temporalización es considerablemente más compleja que las actividades curriculares ordinarias. Sin embargo, la utilización de material técnico o el traslado a espacios especializados carece de sentido si no se va a dotar a las experiencias de un carácter científico real.

Tal y como argumentan Ferrés et al. (2015), no por ocupar unos espacios e instrumentos orientados a la actividad científica se está haciendo ciencia, es necesario diseñar actividades que permitan a los estudiantes cuestionarse fenómenos, plantear predicciones e hipótesis, llevar a cabo diseños experimentales, extraer conclusiones, comunicar resultados, etc.

A partir de las actividades de banco de laboratorio los estudiantes han de poder construir conocimiento científico, bien sea orientado a la comprensión de un fenómeno de estudio o acerca del funcionamiento de la ciencia.

De nuevo, Del Carmen (2000) defiende la necesidad de invertir tiempo en la preparación de este tipo de actividades, pues a través de las experiencias de indagación se pueden alcanzar múltiples objetivos, que pueden abrirse a nuevas opciones dependiendo del enfoque con el que se planteen. Por ejemplo, las experiencias pueden estar dirigidas a aumentar la motivación de los estudiantes, pero también pueden ir orientadas a favorecer la comprensión de los aspectos teóricos sobre una temática determinada. Podrían estar encaminadas a desarrollar estrategias de investigación o promover actitudes relacionadas con el trabajo científico, como la curiosidad, la observación objetiva o la comunicación y comparación de resultados. Por otro lado, el enfoque tradicional demostrativo de las actividades de laboratorio como forma de comprobación teórica, no limita que pueda ser usada la propia actividad de indagación como marco de aprendizaje sobre el que desarrollar los conceptos curriculares desde una aproximación experiencial, experimental e indagatoria.

Asimismo, los objetivos nunca pueden considerarse como excluyentes, pues todo depende del enfoque con el que se planteen las actividades. Las actividades a desarrollar deben ser también suficientemente versátiles para acomodarse a la motivación particular de los estudiantes, de los objetivos de aprendizaje marcados y los conocimientos previos e ideas alternativas del grupo clase. Además deben desarrollarse en un entorno adecuado, interactivo, de curiosidad, participativo y dinámico que maximice la implicación y motivación de los estudiantes.

A partir de una observación de campo, o un trabajo experiencial en el laboratorio se pueden dar las condiciones para que los estudiantes sean capaces de construir conceptos teóricos. La complejidad que puede existir en el diseño de las actividades produce una alta demanda de dedicación, diseño y estructuración por parte del docente y no desviarse de los objetivos originales planteados.

En este sentido, Novak y Gowin (1988) proponen un instrumento con el que establecer relaciones entre aspectos teóricos y metodológicos, dando un papel protagonista a las experimentaciones y observaciones llevadas a cabo durante las fases de trabajo experiencial. Este instrumento, conocido como la V de Gowin, se organiza a partir de una pregunta central, que los estudiantes tratan de resolver.

En la parte superior del diagrama se indica la pregunta central, una cuestión sobre la

que los estudiantes han de reflexionar y tratar de dar respuesta. En el vértice inferior de la V se incluyen los fenómenos observados, que se concretan en todas las observaciones, acontecimientos y transformaciones relacionados con el fenómeno de estudio. Por otra parte, en el margen izquierdo de la figura se inscriben los aspectos teóricos implicados en la reflexión, es decir, los conceptos, los principios y el registro de datos necesarios para el estudio del fenómeno a tratar. Finalmente, en el vértice derecho de la figura se anotan los juicios de valor y conclusiones extraídas de la observación y experimentación, que se configuran como los aspectos metodológicos a emplear durante las fases de la experiencia. Se recoge en la figura 1 la estructura de dicha herramienta que será analizada en el caso concreto desarrollado en el aula en apartados posteriores.

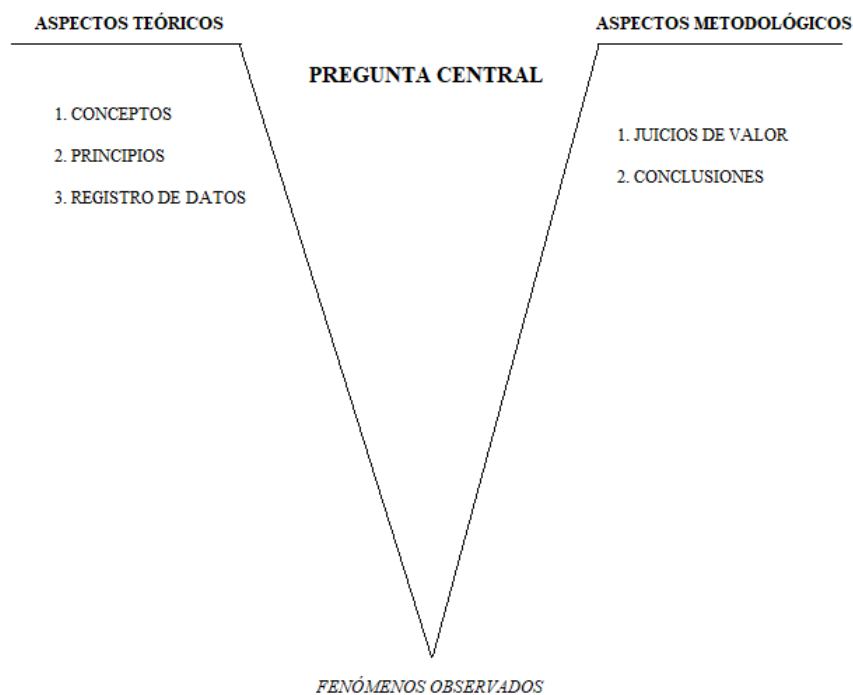


Figura 1. Diagrama conceptual de la V de Gowin y sus objetivos (*relación entre el fenómeno de estudio, las evidencias observadas y los aspectos teóricos y metodológicos implicados en la experiencia (basado en Novak y Gowin, 1988).*

2.7. La evaluación del proyecto.

Cualquier actuación que se desarrolle en el aula requiere de una planificación y estructuración previa, un desarrollo y una evaluación de la actividad. La evaluación tiene implicaciones tanto en el propio diseño pero también en la autoevaluación docente de la actividad, y en el análisis de los hitos alcanzados por parte de los estudiantes durante el desarrollo de la actividad. La evaluación formativa y actitudinal en el desarrollo de la actividad puede ser la mejor forma de acompañar en el aprendizaje a los estudiantes, guiando, reestructurando y resolviendo las dudas o incertidumbres que surjan a partir de observaciones no intuitivas. Esto requiere un seguimiento por parte del docente, y establecer unos objetivos claros y concretos desde el inicio de la actividad.

Para garantizar una evaluación eficaz tanto de los aprendizajes adquiridos a través de los proyectos como del diseño didáctico de los mismos, se propone una evaluación multidimensional, en la que se contemplen los aprendizajes transversales derivados de la experiencia, el grado de consecución de los objetivos curriculares del área de ciencias y el nivel de adecuación de la propuesta al desarrollo de la competencia indagadora de los estudiantes. Esta evaluación deberá incluir una parte formativa (acompañar a los estudiantes para conseguir los objetivos marcados y también actitudinal), una evaluación de conocimientos adquiridos tanto en la actividad como posteriormente a ella, y una autoevaluación por parte del docente en el desarrollo y grado de adecuación de la propia actividad.

La primera de las dimensiones a considerar sería la del proyecto STEAM. En esta dimensión deberían valorarse tanto los aprendizajes individuales de cada una de las áreas STEAM como de las competencias y contenidos transversales trabajados. En esta evaluación no deberá olvidarse el propio producto final del proyecto. La obtención de un objeto tangible como resultado final ofrece muchas facilidades a los docentes a la hora de realizar valoraciones de los proyectos desarrollados por cada equipo de trabajo. Asimismo, la construcción de objetos didácticos permite a los estudiantes ser conscientes del trabajo que han realizado, vincularlo con el mundo real y continuar construyendo conocimiento a partir de sus prototipos y los de sus compañeros.

La segunda dimensión se centra en evaluar en qué grado los estudiantes han desarrollado la competencia científica. Dado el grado de complejidad que representa la puesta en práctica de las propuestas de indagación en el aula, así como las diferencias con respecto a las actividades curriculares ordinarias, la evaluación de los proyectos de indagación se sirve

de una serie de procedimientos e instrumentos cuyo diseño y objetivos guardan poca relación con los instrumentos de evaluación habituales. En este contexto hay que valorar tanto los aprendizajes de los conceptos tanto metodológicos como procedimentales. Ferrés et al. (2015), basándose en la propuesta de Tamir et al. (1982), proponen un instrumento diseñado para evaluar la estructura de un proyecto de indagación y que permite refinar la propuesta, adaptarla y adecuarla al grupo-clase, pero también sirve como evaluación del diseño de la propia actividad.

El New Practical Test Assessment Inventory o NPTAI contempla siete categorías susceptibles de evaluación: capacidad de plantear preguntas, capacidad de formular hipótesis, capacidad de proponer estrategias y metodología de recogida de datos, capacidad de identificar las variables del proceso, recogida y tratamiento de datos, análisis de datos y obtención de conclusiones argumentadas y reflexión. La evaluación de cada uno de estos aspectos es numérica y cualitativa, pero permite a los docentes generar resultados cuantitativos e identificar qué aspectos pueden haberse omitido o son susceptibles de mejora para aumentar la calificación de los estándares propuestos, es decir, elaborar una propuesta que permita refinar y mejorar el diseño de la actividad. Dicha evaluación permite tomar perspectiva de los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de la actividad, y generar las condiciones para que se produzcan.

Ferrés et al. (2015) argumentan que a partir de los resultados numéricos obtenidos a través del NPTAI se pueden determinar los niveles de competencia científica de los estudiantes. Para ello, se proponen cinco categorías en las que se clasifica el trabajo del alumnado. Ordenadas de menor a mayor grado de consecución de la competencia científica, las categorías propuestas son acientífico, precientífico, indagador incipiente e indagador. Si bien para acceder a cada una de los niveles es necesario obtener un rango numérico determinado, cada categoría va acompañada de una serie de características y rasgos que permiten conocer cuál es el grado de adquisición de la competencia científica en cada estudiante.

El NPTAI y los niveles de competencia científica no sólo son útiles en los procesos de evaluación del alumnado, también son recursos muy valiosos a la hora de llevar a cabo la evaluación formativa, la tercera de las dimensiones planteadas.

En este caso, la evaluación se entiende como un instrumento de revisión y mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje, así como una manera de proporcionar retroalimentación continua al estudiante a medida que se desarrolla el proyecto. Combinando la evaluación formativa e instrumentos como el NPTAI se puede obtener un mecanismo con el que valorar

si las propuestas didácticas de indagación realmente cumplen los objetivos de aprendizaje propuestos, señalando aquellos aspectos susceptibles de refuerzo y mejora, como actividades que deben ser reformuladas, objetivos de aprendizaje a revisar, modificaciones en cuanto a temporalización, recursos y espacios, planteamiento de nuevos contenidos, etc.

El NPTAI permite identificar las carencias de los diferentes diseños de indagación, señalando aquellos aspectos en los que sería apropiado aplicar correcciones y modificaciones, con el objetivo de mejorar la comprensión de los procesos y habilidades implicadas en el razonamiento científico e indagador.

Por otra parte, la evaluación formativa es un recurso fundamental a la hora de proporcionar retroalimentación constante a los estudiantes, permitiendo guiar el proceso indagador de manera que se oriente el trabajo a los objetivos de aprendizaje planteados y a la obtención de un producto final a partir del cual poder recordar y continuar construyendo aprendizajes.

3. Contextualización del proyecto al espacio educativo curricular.

En este apartado se realiza una evaluación del contexto del proyecto desde una perspectiva curricular, de conocimientos previos dentro del sistema educativo, marco normativo y legislativo vigente. Esta reflexión previa permite evaluar en cómo la secuencia didáctica propuesta por el currículo educativo, y los libros de texto de varias editoriales, puede influir en los conocimientos e ideas previas que los estudiantes puedan tener en relación a los contenidos implicados en la experiencia desarrollada en este trabajo.

3.1. Descripción de la propuesta.

A partir de la contextualización STEAM y empleando la indagación como metodología de trabajo, se proponen abordar algunos conceptos relacionados con la energía, las máquinas simples o las fuerzas en el aula de Educación Primaria. Esta actividad está diseñada para los cursos de tercer ciclo de la etapa. La propuesta permite trabajar sobre aspectos complejos, como las fuerzas por contacto y a distancia, calor, rozamiento, gravedad, y modelos precursores de las leyes de Newton (e.g. inercia). Se incluyen en la propuesta tanto contenidos curriculares como las características y tipos de energía, así como el propósito de las máquinas simples, haciendo especial énfasis en el funcionamiento del plano inclinado como forma de facilitar el trabajo.

La propuesta STEAM tiene como objetivo desarrollar un producto final: un tobogán por parte de todo el grupo-clase de forma colaborativa y participativa. Para ello, la actividad parte de instar a los estudiantes a considerar sus conocimientos previos sobre el tema y para la identificación, por parte del docente, de la eventual presencia de ideas previas o alternativas.

En la actividad se suscita la revisión de conocimientos previos, estructurando la actividad en torno al diseño y funcionamiento de los toboganes. Sin embargo, el objetivo es trabajar la conservación y transformación de la energía, evaluar la eventual idea de que la pendiente configura el desplazamiento (alcance) frente a la altura del tobogán. La actividad se desarrolla con eventos participativos de generación de ideas y externalización de los conocimientos de los estudiantes, el desarrollo de un boceto inicial de forma gráfica, varias fases de experimentación, recogida de datos, análisis conjunto de los resultados obtenidos en cada fase, generalización extracción de conclusiones, y el diseño final del tobogán que incorpore los aprendizajes desarrollados en todas las fases anteriores.

Durante este recorrido entran en juego fenómenos como la transformación de energía potencial en cinética, el rozamiento como una fuerza y la degradación de la energía por rozamiento y calor, la gravedad como responsable del deslizamiento en el tobogán, el concepto intuitivo de inercia, lo que hay que hacer para volver a lanzar el móvil (“cargar el objeto”), identificación del trabajo para elevar el móvil a la parte superior del tobogán y el concepto de máquina que facilita el desarrollo del trabajo.

Todos estos conceptos, complejos y no todos abordados específicamente en el currículo de Primaria, son de conocimiento general y experiencial de los estudiantes, por lo que se pretende a partir de la actividad realizada, contextualizar muchos de los saberes intuitivos que ya tienen los estudiantes, y por otro lado, colaborar en desarrollar modelos precursores sobre dichos fenómenos sobre los que poder seguir construyendo en el futuro.

Por otra parte, son necesarias otras habilidades y conceptos, ligados al resto de áreas STEAM. La medición de longitudes, la conversión de unidades de medida, el concepto de factor de escala, o la generación de tablas de resultados, se asocian al área de Matemáticas; mientras que el uso y manejo de programas de diseño, son procedimientos que se enmarcan dentro de las áreas de Arte y Tecnología.

3.2. Marco curricular en el que se desarrolla la propuesta

El proyecto didáctico, así como los contenidos y actividades que engloba, está enmarcado dentro de los distintos niveles de concreción curricular propuestos por la *Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa* (LOMCE), así como una serie de decretos a nivel estatal, órdenes y resoluciones a nivel autonómico.

El marco de referencia general corresponde tanto a la LOE como a la LOMCE. La primera es la *Ley Orgánica de Educación del 3 de mayo de 2006*. Consta de 157 artículos, cuarenta y tres disposiciones adicionales, diecinueve disposiciones transitorias, una única disposición derogatoria, y ocho disposiciones finales. La segunda se trata de la *Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa del 9 de diciembre de 2013*. Consta de un artículo único, que matiza, modifica, suprime o añade artículos de la anterior Ley Orgánica de Educación. A pesar de los numerosos cambios introducidos, la LOE sigue vigente en casi un 60%.

Siguiendo con la disposición legal a tener en cuenta para el desarrollo de la unidad didáctica, el siguiente marco de referencia se concreta en el *Real Decreto del 28 de febrero de 2014, por el que se establece el currículo básico de Educación Primaria*.

Por otra parte, a nivel autonómico, en Aragón son relevantes tres órdenes que establecen el currículo oficial de la comunidad autónoma.

- *La Orden de 16 de junio de 2014, de la Consejería de Educación, Universidad, Cultura y Deporte, por la que se aprueba el currículo de la Educación Primaria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.*
- *La Orden , de 29 de julio, por la que se modifica la Orden de 16 de junio de 2014, de la Consejería de Educación, Universidad, Cultura y Deporte, por la que se aprueba el currículo de la Educación Primaria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.*
- *La Orden de 21 de diciembre de 2015, de la Consejera de Educación, Cultura y Deporte, por la que se regula la evaluación en Educación Primaria en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.*

Finalmente, *La Orden de 16 de junio de 2014* cuenta con *La Resolución del 12 de abril de 2016, orientaciones sobre los perfiles competenciales de las áreas de conocimiento y los perfiles de las competencias clave por cursos*, que determina cuáles son las competencias a alcanzar por el alumnado para una correcta inserción en la sociedad actual, múltiple, compleja y cambiante.

A la fecha de realización del proyecto sigue vigente la normativa propuesta por la LOMCE. Sin embargo, el proyecto de ley LOMLOE se encuentra en las últimas fases de revisión. En consecuencia se han revisado las líneas normativas propuestas por la LOMLOE para comprobar en qué grado varía el tratamiento y ordenación de los contenidos implicados en la experiencia. Cabe hacer mención que aunque hay modificaciones en estructura y secuenciación, muchos de los objetivos de aprendizaje son compartidos entre ambas propuestas, y son compatibles para su desarrollo en el marco normativo actual y futuro.

3.3. Conocimientos y experiencias previas

En este apartado se hace una breve revisión del enfoque habitual de los conceptos de energía y fuerza (contacto-distancia) en textos de Educación Primaria, una forma indirecta dado que no se ha realizado la actividad en el aula, para conocer lo que pueden saber desde el enfoque curricular de los textos educativos. Para cada una de las áreas STEAM que engloba el proyecto: Ciencias de la Naturaleza, Matemáticas y Educación Artística se incluye una revisión del marco curricular que se recoge en el Anexo 1: Tabla que recoge los conceptos y forma de aproximación a los contenidos del proyecto STEAM separados por áreas y recogidos en el BOA (Orden de 16 de junio de 2014)

Los libros de texto ofrecen una perspectiva de los contenidos curriculares genéricos, que suelen ser la vía de articulación docente en las aulas. La forma de describir y desarrollar determinados conceptos, en ocasiones simplificados y con uso del lenguaje cotidiano para la explicación de determinados fenómenos, colabora en la incorporación de dichos conocimientos sobre un conocimiento previo del estudiante, pero puede generar problemas cuando fuerza, trabajo, energía o rozamiento son conceptos que pueden coincidir con el lenguaje cotidiano en determinados contextos, pero dificulta la generalización posterior de dichos conceptos.

La presentación de estos conceptos, suele ser de tipo expositivo, asociado a definiciones, y en ocasiones, con ejemplificaciones que quizás permiten una comprensión sobre conocimientos previos de los estudiantes de la vida cotidiana, que son comprensibles para el docente, pero que posiblemente no en el mismo sentido por parte de los estudiantes en primaria. En estos textos habitualmente no se desarrollan metodologías estructuradas e indagatorias, y las ejemplificaciones (a modo de, la ciencia explica el mundo, pero genera relaciones causa-efecto sin adentrarse en comprender el concepto).

La propuesta de este trabajo pretende romper los esquemas disciplinares y trabajar de forma experiencial y transversal los objetivos propuestos en base a un proyecto entrando a conocer los fenómenos y lo que les afecta, para introducir los conceptos teóricos necesarios cuando se tiene una perspectiva experiencial de los mismos. Sin embargo, requiere tomar perspectiva de lo que ya conocen los estudiantes sobre los fenómenos/procesos trabajados, pero también en qué marco los han conocido, es decir, en cómo los saben.

Esta perspectiva de cómo afrontar dichos conceptos requiere tomar perspectiva de cómo utilizarlos y qué van a entender los estudiantes al hacer referencia a ellos, lo cual implica qué conocimiento y cómo se ha presentado dicho concepto previamente.

No es objetivo redefinir los términos cada vez que se usan en un curso o asignatura, pero quizás la definición de dichos conceptos de forma experiencial permite ampliar o completar dichos conceptos en cursos académicos posteriores, frente a un conocimiento por definición abstracta y ejemplificación puntual de su significado. Esta forma de afrontar el conocimiento de dichos conceptos, dificulta enormemente entender los fenómenos, como son, si los términos utilizados hacen referencia a aspectos de la vida cotidiana o contruados y deformados durante definiciones previas dentro del sistema educativo. Es decir, se termina usando términos de la vida cotidiana con conocimiento por parte de los estudiantes que el mismo término significa distinto en la vida real y en el aula, y que en la vida se usa de una manera y en la clase de ciencias se utiliza de otra manera. Esto dificulta la transposición a la vida real de dichos conceptos físicos y el poder “ver el mundo” con los ojos del conocimiento adquirido.

Se incluyen algunos ejemplos de los textos analizados a modo de aproximación de lo que puedan conocer los estudiantes sobre los conceptos, pero su interpretación potencial, del uso de términos como energía, fuerza, esfuerzo, rozamiento, etc. Se incluye una pequeña reflexión de la forma de abordarlos en los pies de figura de los textos analizados.

En función del curso al que vaya destinado el libro de texto, el concepto de energía se aborda desde diferentes perspectivas. En el primer ciclo de primaria apenas se menciona el concepto, y en caso de hacerlo se trabaja de una manera muy superficial. A partir del segundo ciclo se proporcionan definiciones más completas y con cierto nivel técnico. No obstante no es hasta el tercer ciclo cuando se desglosan las propiedades profundizando en el aspecto teórico que acompaña al concepto.

1 ¿Qué es la energía?

Seguro que en alguna ocasión te han dicho que debes desayunar bien para tener energía durante el día. Pero ¿sabes qué es la energía?

La **energía** es lo que hace que los cuerpos se muevan, cambien su forma o sus propiedades.

Figura 2. Definición y propiedades de la energía según el texto *Naturales 3*, Vicens Vives (2014). Nótese el uso del concepto de energía en el contexto de vocabulario informal y su relación con la definición de fuerza, se excluye el concepto explícito de capacidad para elaborar un trabajo o de potencial.

La energía se transforma

La energía ni se crea ni se destruye; solo se transforma. Es decir, tiene la capacidad de convertirse de una forma de energía en otra diferente.

Figura 3. Enunciado reproductivo y memorístico sobre las características de la energía (tomado de Ciencias de la Naturaleza 3° Primaria, Superpixépolis, Edelvives (2014). Referencia en el texto a un enunciado científicamente correcto pero en un contexto de aprendizaje educativo de incapacidad de comprensión en términos de energía como capacidad (potencial) y donde los tipos de energía se suelen referir a la forma en que se obtienen o materializan en su observación.

Las propiedades de la energía

Algunas propiedades de la energía son las siguientes:

- La energía **se transforma**. Es decir, una forma de energía puede pasar a otra forma. Por ejemplo, la energía química del combustible se convierte en energía mecánica en un coche. Pero en todas las transformaciones se pierde una parte de la energía en forma de calor. ②
- La energía **se transfiere**. Es decir, puede pasar de unos cuerpos a otros. Por ejemplo, cuando se golpea una pelota con una raqueta, gran parte de la energía mecánica de la raqueta pasa a la pelota.
- La energía **se almacena**. Por ejemplo, las pilas o baterías almacenan energía y la proporcionan cuando hace falta. ③
- La energía **se transporta**. Es decir, puede viajar de un lugar a otro. Por ejemplo, la energía eléctrica se transporta mediante cables a lugares alejados.

Figura 4. Propiedades de la energía (tomado de Ciencias de la Naturaleza 5° de Primaria, Serie investiga, Santillana (2014). Uso en este texto de conceptos sobre energía mecánica sin haberse conceptualizado previamente, de energía química, conceptos complejos que inducen a pensar en contacto para transferencia (quizás mejor uso de calor frente a rebote elástico que se refiere), concepto de almacenaje como análogo de “guardar” y no de conservar; o uso de concepto de transporte (concepto de movilización de un objeto, frente a transferencia como forma de transferir de un objeto a otro, o de un lugar a otro).

Independientemente de cuál sea el curso al que se dirige el material didáctico, o incluso la editorial autora del mismo, la gran mayoría de definiciones de máquinas, máquinas simples y plano inclinado comparten una serie de puntos en común. Se hace especial énfasis en el papel que juegan las prácticas a la hora de facilitar o hacer más cómodo un trabajo, y qué es necesario proporcionar energía a las máquinas para hacerlas funcionar.



Las **máquinas** permiten realizar trabajos con menos esfuerzo. La **energía** es necesaria para que todas las máquinas funcionen.

Figura 5. Definición del concepto máquina encontrado en Ciencias de la Naturaleza 3° Primaria, Superpíxepolis, Edelvives (2014). Se introduce concepto de “esfuerzo” en contexto diferente a su significado físico, cuando la definición de facilitar la realización de un trabajo es más coherente en su significado real (el uso de esfuerzo - “me cuesta mucho hacerlo porque requiere mucho esfuerzo” con paralelismos con su uso en la vida cotidiana, o el del concepto de trabajo (“me cuesta mucho trabajo porque es difícil” sin haberlo definido previamente lleva a interpretaciones distantes del significado físico del término). Uso del concepto de máquina como funcionamiento sin reflexionar sobre su interpretación por el alumnado (“una máquina la enchufas para que funcione”). Aprendizaje complejo por no utilizar e introducir el concepto de trabajo previamente.

Tipos de máquinas

Las máquinas son aparatos que permiten realizar un trabajo de forma más cómoda, rápida, segura y eficaz.

Las máquinas se pueden clasificar según el número de piezas de que constan en máquinas simples y compuestas.

- Las máquinas simples están formadas por un pequeño número de piezas. Algunos ejemplos son la palanca, la polea, el plano inclinado, el torno y la rueda.

Figura 6. Clasificación de tipos de máquinas en concepto material (referencia a aparato - instrumental-, y concepciones de definición de trabajo diferente a su significado físico (cómodo, rápido, seguro y eficaz). Quizás en este contexto más sencillo facilitan el trabajo. Enumeración de ejemplos de máquinas sin construir con los estudiantes su funcionamiento como tal. Captura obtenida de Ciencias de la Naturaleza 3° Primaria, Superpíxepolis, Edelvives (2014).

El **plano inclinado** es una superficie en pendiente que permite subir o bajar objetos con facilidad. Cuanto menos inclinación tenga la rampa, menos trabajo costará subir los objetos por ella.

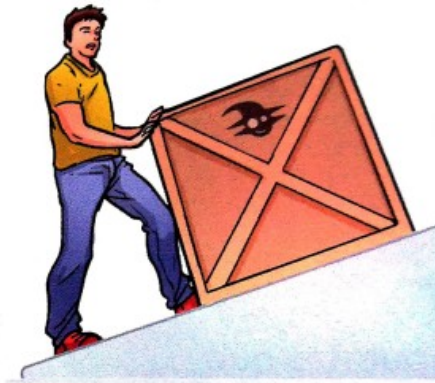


Figura 7. Definiciones del término plano inclinado (imágenes obtenidas de Ciencias de la Naturaleza 3º Primaria, Superpíxepolis, Edelvives (2014)). En el caso de la imagen superior nótese el uso de trabajo en analogía con esfuerzo físico para realizar una acción, cuando el trabajo es el mismo con independencia de la inclinación de la rampa (reflexión más correcta el uso de que la rampa nos facilita la realización del trabajo; ejemplo cuanta menos pendiente tenga, más fácil es elaborar el mismo trabajo - desplazamos el objeto más distancia horizontal, pero el resultado en altura es el mismo).

El plano inclinado

El **plano inclinado** es una rampa que permite superar desniveles.

Con un plano inclinado podemos salvar una diferencia de altura más fácilmente que subiendo y bajando escalones.

Cuanto más suave es la inclinación del plano, más fácil resulta desplazarse.

Figura 8. Definición de plano inclinado (tomado de Naturales 4, Vicens Vives (2014)). Definición más coherente con el significado de máquina (nos permite superar desniveles, nos permite salvar los más fácilmente, o en relación a la inclinación o pendiente). Conceptos introducidos correctamente y con progresión de significado (en este caso sin introducir el concepto trabajo pero coherente con la idea intuitiva de hacer y que sea más sencillo; quizás el concepto “suave” puede ser revisado por una pendiente de baja inclinación).

El caso del concepto de fuerza es curioso, pues aunque en tercer ciclo una definición más completa y técnica, en segundo ciclo la definición, aunque más simple, va acompañada de una clasificación de las fuerzas según la distancia de separación entre los objetos que reciben y ejercen la fuerza. En segundo ciclo, ya se introduce la noción de fuerzas por contacto y fuerzas a distancia.

¿Qué son las fuerzas?



Cuando se amasa plastilina o se empuja el carro de la compra se ejercen fuerzas sobre esos objetos. Se dice que una **fuerza** es todo aquello que **cambia la forma** o el **estado de movimiento** de los cuerpos u objetos.

Figura 9. Definición del concepto fuerza (tomado de Ciencias de la Naturaleza 3º Primaria, Superpitépolis, Edelvives (2014). En el que se utiliza el concepto de cambio de forma o movimiento.

Tipos de fuerzas

Las fuerzas se pueden clasificar en fuerzas de contacto o a distancia, según exista o no separación entre el objeto que ejerce la fuerza y el que la recibe.

- Cuando el cuerpo que ejerce la fuerza está en contacto con el que la recibe, hablamos de **fuerzas de contacto**. Son ejemplos la fuerza ejercida al tirar de una mochila o al presionar una pieza de un puzzle para que encaje en su sitio.
- Cuando el cuerpo que ejerce la fuerza se encuentra a una cierta distancia del que la recibe, hablamos de **fuerzas a distancia**. La atracción que ejercen los **imanes** sobre los objetos de hierro y la **fuerza de gravedad** son ejemplos de este tipo de fuerzas.

Figura 10. Definición del concepto de tipos de fuerzas (tomado de Ciencias de la Naturaleza 3º Primaria, Superpitépolis, Edelvives (2014).

Los conceptos de fuerzas de contacto y distancia, mencionados en los textos mostrados previamente y de tipo enunciativo y comparado, se desarrollan en los cursos de tercer ciclo con ejemplos como los recogidos en las siguientes figuras.

La fuerza de la gravedad

La fuerza de la gravedad es la fuerza que hace que los cuerpos sean atraídos hacia la superficie de la Tierra.

Figura 11. Definición de la fuerza de la gravedad (tomado de Ciencias de la Naturaleza 5º de Primaria, Serie investiga, Santillana (2014). Enunciado expositivo y explicativo y que quizás podría beneficiarse de descriptores previos del tipo “la gravedad es la fuerza que hace que los cuerpos caigan al suelo, o que los objetos se deslicen cuesta abajo”.

La fuerza de rozamiento actúa sobre los cuerpos que están en movimiento y hace que se frenen o se detengan.

Esta fuerza se debe al roce con el suelo y a la resistencia que ejercen el aire o el agua. 3

Figura 12. *Definición del concepto de rozamiento (tomado de Ciencias de la Naturaleza 5° de Primaria, Serie investiga, Santillana (2014). Enunciado expositivo y explicativo, quizás orientado a concepto de freno más que oposición al movimiento. No se evalúa el origen de la relación entre superficies de los objetos en contacto.*

Tomando como referencia las definiciones y ejemplos ofrecidos por los materiales didácticos incluidos en este epígrafe, se pueden entrever cuáles pueden ser los conocimientos previos de los estudiantes en relación a los conceptos trabajados en la propuesta. Hacia el tercer ciclo de primaria los estudiantes tienen una comprensión del concepto de energía, habiendo trabajado en cursos previos que la energía se define como todo aquello capaz de transformar la materia, que no puede crearse ni destruirse y que tiene la capacidad de conservarse y transformarse. Sin embargo la comprensión del concepto de energía puede quedar etéreo y sin concreción en lo real (significado conceptual de energía).

Asimismo, su concepción de máquinas simples, como aparatos construidos con pocas piezas y que hace más cómodo el trabajo de las personas, es bastante acertada. Por otra parte, se relaciona con el modelo precursor que pueden tener sobre la energía, puesto que en varias definiciones se indica que las máquinas, ya sean simples o compuestas, necesitan energía para funcionar. En el caso de las máquinas simples se hace bastante énfasis en que la energía proviene de la acción humana.

El plano inclinado, como máquina simple, se concibe como un apoyo para salvar desniveles o escaleras. Este enfoque sobre que las máquinas facilitan el trabajo permite identificar las máquinas como tal, y en el proyecto planteado se trabaja el concepto tobogán en relación al mismo concepto pero de forma que puedan comprender los fenómenos y conceptos que subyacen en una rampa ya que, en los dibujos aportados por los libros de texto siempre se muestra el trabajo en sentido ascendente. Al tratarse de una estructura pensada para descender, lo habitual sería que los estudiantes no cataloguen los conceptos involucrados de forma análoga con el tobogán.

El concepto de fuerzas, es tratado en los textos de forma abstracta, por lo que su comprensión por parte de los alumnos y alumnas de tercer ciclo plantea mayores dificultades. Es probable que únicamente se queden con una definición puramente teórica y adquirida a través del trabajo memorístico.

En el caso de la gravedad y del rozamiento, que podría ser una forma interesante de abordar los conceptos de fuerzas, se limitan a ejemplificar dos fenómenos observables, y la conceptualización de ambos se limita a la descripción de los fenómenos. La gravedad se entiende como aquello que hace que los objetos vayan hacia el suelo, y el rozamiento como lo que hace que los objetos se vayan frenando cuando se deslizan por el agua o por el suelo. No hay una comprensión que vaya más allá del fenómeno observado y posiblemente sólo en los ejemplos utilizados en los textos.

3.4. Contenidos curriculares y conceptos implicados en la experiencia.

Para facilitar la visualización de los contenidos de aprendizaje, así como la relación que se establece entre los mismos, se ha elaborado un diagrama conceptual que recoge todos los conceptos y principios a trabajar durante las fases del proyecto. Por otra parte, este tipo de recursos constituyen una herramienta muy útil a la hora de organizar y estructurar el trabajo en el aula.



Figura 13. Diagrama de relaciones y conceptos implicados en la experiencia a desarrollar en el aula de ciencias.

Retomando los planteamientos de Novak y Gowin (1988) mencionados en el epígrafe de delimitación conceptual, se estructuran los aspectos teóricos y metodológicos implicados en la experiencia a partir de una pregunta central que guía los procesos de reflexión previa, generación de predicciones, experimentación, recogida de resultados y extracción de conclusiones y recapitulación de lo aprendido.

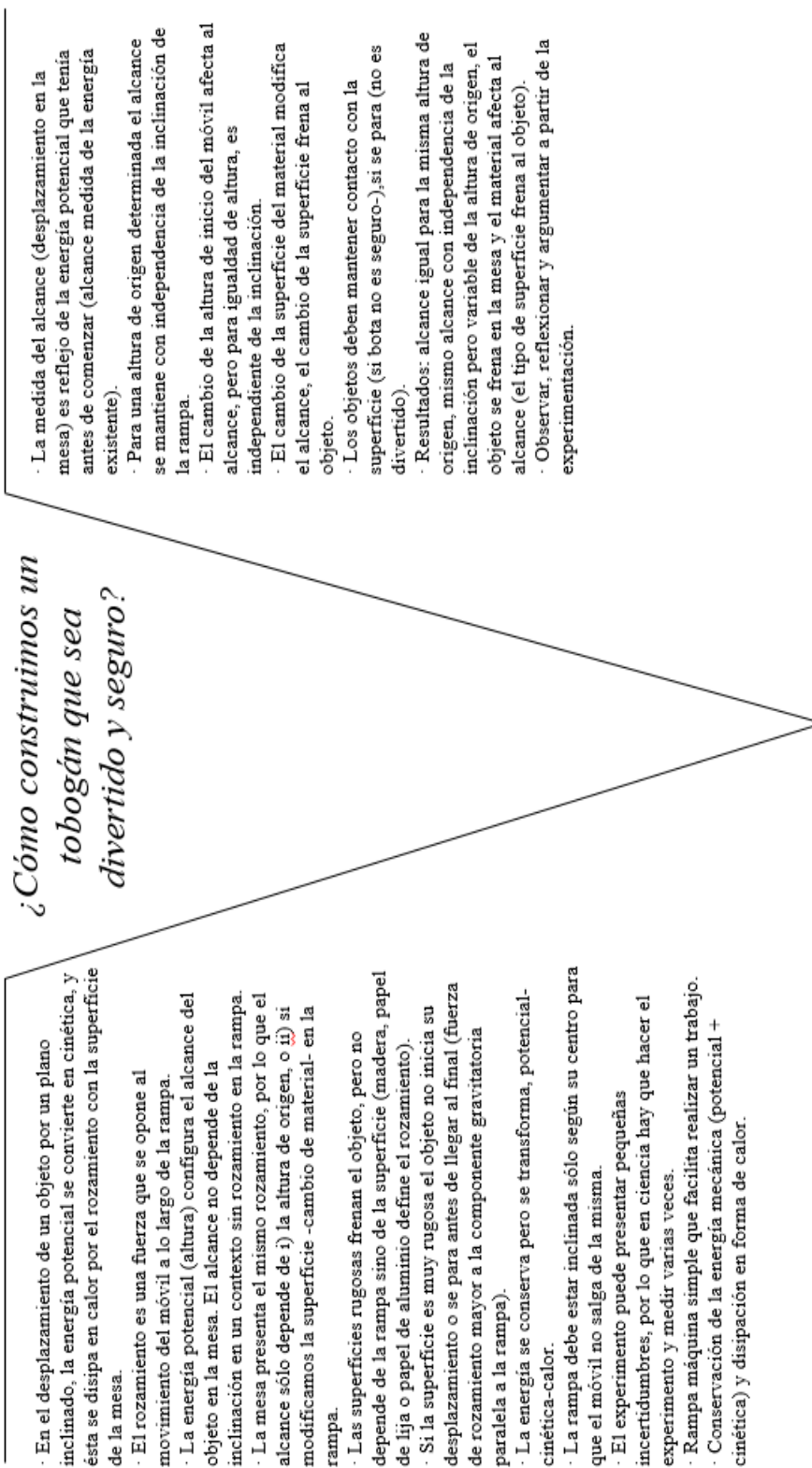


Figura 14. *V de Gowin (Novak y Gowin, 1988). Relación de aspectos conceptuales y metodológicos implicados en la experiencia.*

3.5. Temporalización y estructuración de la experiencia.

Con el objetivo de estructurar las fases de la experiencia hacia la elaboración de un producto final y la consecución efectiva de los objetivos de aprendizaje, se propone la siguiente secuenciación articulada en la siguiente línea de tiempo (Figura 4; el desarrollo de dicha línea se incluye en el Anexo 2: Temporalización y estructuración de la experiencia. Línea del tiempo: Proyecto STEAM tobogán de esta memoria).

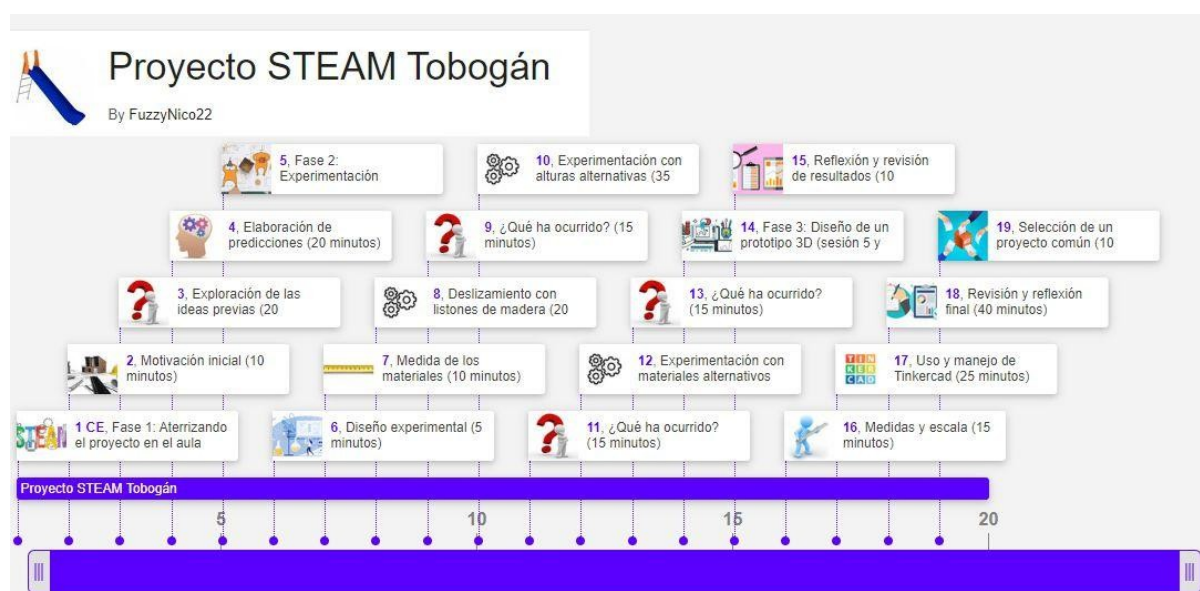


Figura 15. Diagrama temporal de la experiencia. Organización del proyecto, fases y desarrollo. Se puede consultar con mayor detalle la temporalización del proyecto en el anexo Anexo 2. Temporalización y estructuración de la experiencia. Línea del tiempo: Proyecto STEAM tobogán. Se incluye un dossier completo con las tres fases de la experiencia desglosadas por sesiones. Se puede consultar en formato online en el siguiente enlace: <https://www.timetoast.com/timelines/2795654>.

Las sesiones están organizadas siguiendo la distribución y secuenciación de un proyecto STEAM, las sesiones cuentan con un total de cincuenta minutos, en los que se recogen actividades y dinámicas con objetivos diversos, pero una intencionalidad común: el desarrollo del tobogán como producto final. La distribución temporal se secuencia en sesiones de 50 minutos, sin embargo es de interés señalar que sería de interés articularlo como proyecto continuo y no alternando clases según horarios concretos de asignaturas, sino como proyecto integral.

4. Secuenciación docente de la actividad.

Para estructurar el proyecto y guiar de manera efectiva hacia los objetivos/contenidos de aprendizaje, se propone una estructuración del proyecto en tres fases, cada una de ellas responde a objetivos concretos distintos, pero encaminadas a la consecución del producto final (ver Anexo 4. Guión del estudiante).

Fase 1: Aterrizando el proyecto en el aula

La primera fase puede entenderse como un aterrizaje del proyecto en el aula, es decir, una dinámica de presentación con la que despertar el interés y curiosidad de los chicos y chicas por el proyecto y animarles a participar.

¡Buenos días chicos y chicas! Vengo con un encargo muy especial del colegio y voy a necesitar vuestra ayuda para poder hacerlo. Nos han encargado diseñar un tobogán para nuestro patio, entonces he pensado ¿por qué no trabajamos el diseño en clase? ¡Seguro que entre todos conseguimos muy buenas ideas para que el tobogán sea divertido y seguro. Así que ¿qué os parece si lo intentamos?



Lo primero de todo ¿qué necesitamos para construir un tobogán? ¿cómo lo construimos? Como veo que a unos cuantos se os están ocurriendo ideas y otros estáis un poco más pensativos, vamos a consultar con nuestros compañeros y compañeras de grupo e intentamos ver que se nos ocurre juntos.

Figura 16.- Fase de introducción y contexto de inicio de la actividad.

Tal y como se indicaba en la V de Gowin, el tobogán debe ser divertido, pero también seguro, por lo que no pueden construirse de cualquier manera. La referencia a divertido es operacional (no se paralice el móvil sin descender, o que no lo haga de forma continua) y el factor seguridad (para evitar desplazamientos fuera de la mesa de trabajo - o cuando el móvil bota al llegar a la mesa-, es decir, cuando no hay apoyo efectivo del móvil sobre las superficies de estudio).

Se inicia la actividad con una lluvia de ideas sobre qué necesitamos para construir el tobogán, la idea de esta actividad es evaluar los conocimientos previos de los estudiantes, identificar si relacionan altura del tobogán con alcance (distancia recorrida sobre la mesa al finalizar el deslizamiento), si relacionan la pendiente como factor que modifica el alcance y sobre la interiorización de las partes de la estructura a construir. En este apartado, además de la descripción de las partes en el debate suscitado en clase, se les pide que hagan un boceto de cómo les gustaría que fuera el tobogán. A partir de dicha discusión previa, intentaremos sistematizar las variables que pueden afectar al diseño y desarrollo de la actividad (altura del móvil, pendiente, alcance, tipos de materiales, etc).

Se introduce en este apartado también el análogo de modelo a escala, se contextualiza que antes de construirlo de verdad hay una serie de fases de diseño previo, que incluyen los dibujos, incluye la construcción de una maqueta en la que analizar el prototipo y que nos permite observar y cambiar el diseño de forma más sencilla que en el tamaño real. A partir de estas fases se pretende terminar diseñando un tobogán en una aplicación informática que permita dar instrucciones para su construcción.

Para analizar cómo funciona el tobogán, van a ser necesarias una serie de pruebas/experimentos donde analizar distintas variables que se han determinado de antemano: longitud de la pendiente, altura y material de la superficie de rozamiento. No obstante, antes de comenzar con la definición de las variables, se busca conocer las ideas previas de los estudiantes en lo referido al funcionamiento, diseño y construcción de los toboganes. Para hacerlo más visual, pueden dibujar un boceto complementario de su diseño. A partir de esta reflexión inicial se pueden introducir conceptos como alcance, seguridad, altura, pendiente, material de la superficie, etc.

Una vez finalizada la parte de análisis del diseño inicial, se comparten las ideas y bocetos elaborados por cada equipo. A partir de esta reflexión conjunta, se suscita la curiosidad y se propone que los estudiantes indaguen sobre los objetivos de aprendizaje.

Paralelamente, se definen las variables que entran en juego en la experimentación: longitud de los listones, altura del soporte, superficie de deslizamiento. Teniendo en cuenta estas variables, se define junto con los estudiantes las situaciones que podrían darse.

Lo recomendable es dedicar un segmento de tiempo amplio a esta primera fase reflexiva. La contextualización, el enfoque motivador, la exploración de las ideas previas y la elaboración de predicciones son procesos que si se hacen de manera apresurada corren el riesgo de sentar bases poco sólidas para la construcción de conocimientos tanto a nivel posterior, como a lo largo de las diferentes fases de la experiencia. Por este motivo se dedica una sesión completa a la fase de contextualización del proyecto.

Fase 2: Experimentación.

La segunda fase es la dedicada a la experimentación, a la construcción de un escenario en el que poder comprobar de qué manera influyen las variables definidas en los requisitos y características que el producto final debe incorporar. Los objetivos de esta fase son identificar cómo afectan las variables a que el tobogán sea divertido y seguro.

Siguiendo las líneas de la fase previa, la fase de experimentación se estructura en varias actividades que proponen objetivos de aprendizaje distintos, pero cuyo trabajo conduce hacia el diseño y desarrollo del tobogán.

En primer lugar, se indican los materiales y espacio de trabajo con el que cada equipo va a trabajar durante la experiencia. A continuación se da paso a una actividad previa en la que deben poner en juego algunas habilidades de competencia matemática. A lo largo del proceso será necesario medir, manejo del metro para registrar y anotar resultados, por lo que es necesario realizar una actividad previa con el objetivo de repasar y practicar el manejo de esta herramienta. La actividad propuesta es simple: medir los listones y altura del soporte, para poder anotar los datos en la tabla de registro de resultados. En este apartado se realiza tanto la medición, uso del metro, anotación de las medidas y el uso de las unidades.



Figura 17. *Materiales de experimentación. Se incluye en esta fotografía tanto el metro utilizado, el soporte de inicio, el sacapuntas (móvil), los listones utilizados y los indicadores de alcance (banderas; pie de plastilina con palillo).*

Apuntad estos datos en la tabla, así podemos ir organizando el experimento. Acordaros de medir en centímetros, así será más fácil comprobar y compartir los resultados.

Altura:	_____
Listón 1:	_____
Listón 2:	_____
Listón 3:	_____
Listón 4:	_____
Listón 5:	_____

Figura 18. *Ejemplo de tabla para la recogida de datos de las medidas realizadas de los elementos utilizados en la actividad - altura del soporte y longitud de los listones).*

Una vez realizadas las medidas y comprobado el uso de la cinta métrica, puede darse paso al inicio de la actividad de experimentación. Para ello, los estudiantes cuentan con cinco listones de madera, un soporte de una altura de quince centímetros, dos soportes

complementarios de cinco centímetros que permiten elevar el soporte, y un sacapuntas plano a modo de objeto de pruebas (móvil).

Se han seleccionado materiales habituales en el aula, o que se pueden obtener fácilmente, y que permitan la experimentación de forma sencilla. En el caso del sacapuntas, se ha seleccionado uno que tiene una base plana grande que permite el apoyo efectivo sobre la superficie de trabajo (cualquier otro objeto que permita una relativa estabilidad y contacto continuo con la superficie podría servir como móvil de la experimentación). Cada equipo de trabajo debe medir cuál es el alcance (distancia recorrida) del sacapuntas cuando se desliza por cada uno de los listones de madera y progresa a lo largo de la mesa de laboratorio.

¡Comenzamos el experimento! ¿Qué pasará si subimos el sacapuntas por la rampa y luego lo dejamos caer? Apoyad por turnos los listones sobre el soporte para subir el sacapuntas hasta lo alto del tobogán y dejadlo deslizar para ver que distancia alcanza con cada listón ¿Qué ocurre? ¿Hasta dónde ha llegado? ¿Qué rampa habéis usado? ¿Hasta dónde ha llegado? ¿Os ha salido a todos igual?

Como somos científicos, tenemos que comprobar las medidas varias veces, así nos aseguramos de tener un resultado del que nos podamos fiar. Os recomendaría que probarais por lo menos cinco o seis veces con cada listón.

Para acordarnos de que distancias recorre el sacapuntas, podéis colocar una bolita de plastilina con un palillo clavado, como si fuera una banderita, en el lugar que se haya quedado. ¡Importante! Dejad todas las bolitas en la mesa para que podáis comparar las distancias que recorre el sacapuntas con cada listón, y tened cuidado de que no se choque el sacapuntas con las bolitas que dejéis cuando vayáis a deslizar de nuevo.

Altura:					
Longitud	Listón 1:	Listón 2:	Listón 3:	Listón 4:	Listón 5:
Alcance	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____

Figura 19. Ejemplo del cuadernillo del estudiante con el contexto, cuestiones y cuestiones y tabla de resultados. Se incluyen los interrogantes con los que introducir la primera ronda de investigación, así como instrucciones para el desarrollo de la experiencia y recogida de datos.

No obstante, entre los interrogantes que se plantean en la introducción de la investigación aparece una cuestión de suma importancia para el desarrollo de la experiencia.

“¿Qué necesitamos para que el sacapuntas baje por el tobogán? ¿Si lo empujamos para subirlo por la rampa, qué estamos haciendo? ¿Si lo soltamos en la parte de arriba de la rampa, qué esperamos que pase?”

A través de estas preguntas, se está sugiriendo a los estudiantes que para que podamos interactuar con el tobogán, hay que subir el objeto a la parte alta (podemos usar el concepto de “cargar el objeto”), reproduciendo el fenómeno contrario al deslizamiento. Con esto introducimos el concepto de que hay que “cargar” la máquina para que luego funcione. Puede parecer un planteamiento simple, no obstante, si se observa con una perspectiva educativa, esta sencilla cuestión sirve para introducir de manera indirecta el concepto de trabajo para elevar la energía (potencial) del móvil (la energía//el trabajo que realiza el estudiante para subir el sacapuntas hasta el punto más elevado del listón) y es compatible con el concepto de carga en otros campos potenciales.

Esta situación requiere aportar energía, que es la que permite después el desplazamiento a favor del listón (conversión potencial a cinética) gracias a la acción de la fuerza de la gravedad. Los estudiantes cuentan con cinco listones de madera de diferentes longitudes: 20, 30, 40, 50 y 60 centímetros que han debido medir previamente. Por otra parte, la altura del soporte siempre permanece constante, 15 centímetros, por lo que la pendiente del tobogán será distinta para cada longitud del listón. A pesar de las diferencias en cuanto a pendiente y longitud de los listones, dado que la superficie del listón de madera apenas tiene rozamiento, el resultado de dejar caer el móvil por la rampa producirá un alcance similar. Esta actividad permite también evaluar la geometría del triángulo y ver cómo manteniendo uno de los lados fijos, podemos obtener la misma construcción cambiando los otros dos lados.

Se propone como forma de comparación de resultados realizar varias veces el deslizamiento del móvil por la rampa, y en lugar de medir cada vez, utilizar unos hitos de plastilina con un palillo (bandera) localizando el lugar en el que llega con cada uno de los deslizamientos.

De esta manera pueden evaluar cambios sutiles en el alcance, ver cuando el sacapuntas bota (porque lo observan, o porque obtienen resultados distintos y que permite repetir la medida para ver si es algo puntual o sistemático) y tener al final del experimento la distribución de todos los alcances con la misma altura de inicio y cambio solo de la longitud de los listones.

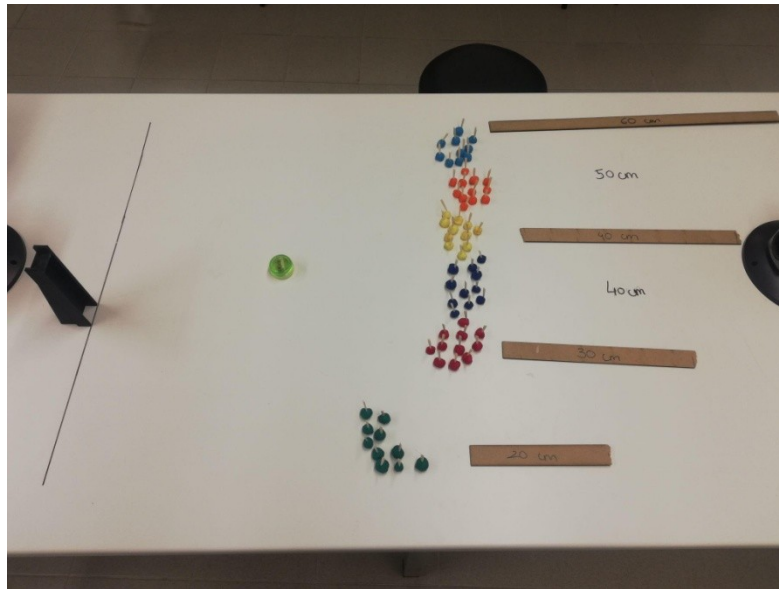


Figura 20. Fotografía de los resultados de experimentación con la localización de las banderas para altura 1, y cambio de los listones. El alcance se indica con la localización de banderas (base plastilina con un palillo). Nótese el alcance homogéneo de los lanzamientos, y cómo el listón más corto (15 cm) muestra un valor menor y que se relaciona con el bote del sacapuntas al llegar a la mesa.

Los resultados obtenidos permitirán observar el mismo alcance para las distintas rampas, lo cual suponemos puede permitir descartar la eventual idea previa intuitiva de mayor pendiente-mayor alcance. No es la pendiente sino la altura de origen desde la que se desliza el móvil la que configurará el alcance. Un análisis más detallado, considerando la propia distribución estadística de las medidas obtenidas, se incluye como anexo de esta memoria (Anexo 3. Resultados obtenidos de la experimentación en laboratorio).

El objetivo de aprendizaje que subyace en los resultados obtenidos de esta primera actividad es que el alcance es una aproximación cuantitativa de la energía potencial del móvil. Por lo que el recorrido del objeto en la rampa puede ser distinto (cambio de la longitud de la rampa o su inclinación) pero el alcance es el mismo.

¡Muy bien! Ahora que ya hemos visto donde llega el sacapuntas con cada listón, tenemos que preguntarnos... ¿Qué ha ocurrido? ¿Hasta dónde han llegado? ¿Os ha salido lo mismo a todos?

Podéis apuntar y dibujar lo que habéis observado en este espacio.

Figura 21. Ejemplo del cuaderno del estudiante sobre lo observado en esta parte de la actividad.

Puede darse el caso, como se presenta en los resultados de la experimentación realizada en el anexo 3 de esta memoria, que el objeto de pruebas bote en lugar de deslizarse por la superficie final. Esta diferencia se observa tanto en el propio bote como en alcanzar una distancia distinta en muchos de los casos. En este caso el docente estará al tanto para poder indicar si el deslizamiento del móvil es estable, y por lo tanto seguro.

Tras la observación de los primeros resultados se realizan una serie de preguntas para que los estudiantes describan lo que ha ocurrido e intenten sistematizar lo observado. El objetivo es que haya reflexión primero individual, después grupal y guiada por el docente sobre lo que ha ocurrido.

El docente puede introducir explicaciones y suscitar la curiosidad e interés de los estudiantes a los objetivos planteados, ayudando a estructurar la descripción de lo realizado, los resultados obtenidos y qué es lo que significan en términos de variación de alcance (ayudar a identificar que el alcance no ha cambiado, porque no lo ha hecho la altura de inicio de la máquina). Es decir, que el alcance no depende de la inclinación, puesto que se obtiene el mismo para las diferentes longitudes de cada uno de los listones utilizados. En este contexto puede ser de interés llamar la atención de que la pendiente de la rampa está relacionada con su longitud, al utilizar una misma altura de origen (forman parte de un triángulo de altura constante). Una vez concluida la reflexión se proponen nuevos interrogantes.



Figura 22. *Fotografías del soporte de experimentación, con los elementos para el cambio de altura.*

Los resultados obtenidos permiten observar que el alcance está definido por la altura de origen. Sin embargo, es una hipótesis a partir de la observación de la invariancia de la variable (altura). En este contexto, se puede plantear como hipótesis de experimentación que si el alcance depende de la altura, si cambiamos la altura del tobogán, ¿qué ocurrirá?

A ayudamos a estructurar el discurso primero de observación, descripción y evaluación del significado, a una nueva fase en la que instamos a predecir qué ocurrirá cuando cambiamos la variable (ayudamos a estructurar una hipótesis de predicción haciendo implícito el cambio de la variable y el significado del resultado que se puede obtener).

A través de los nuevos interrogantes podemos introducir cambios en la altura, proporcionando a los equipos de trabajo piezas con las que modificar la altura del soporte (en el caso realizado en este experimento se imprimió con una impresora 3D el soporte original, y dos piezas que encajan sobre él, y que permiten elevar la altura del soporte). De nuevo se experimenta con los mismos listones de madera, de cinco longitudes diferentes, aunque pueden descartarse aquellos que no alcancen la altura del soporte o que mostraban desplazamientos no homogéneos, es decir, bote en más de la mitad de las repeticiones, y que trasladaremos como diseños poco seguros.

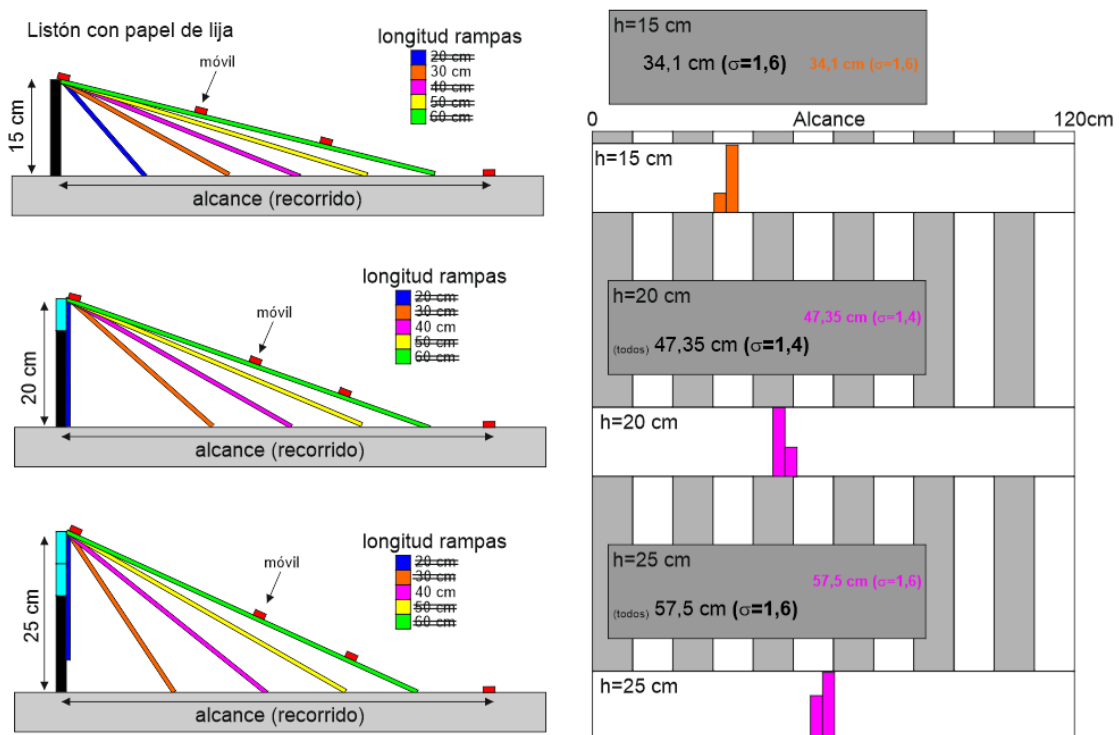


Figura 23. Resultados obtenidos de la experimentación con papel de lija realizado para las distintas longitudes de listones en laboratorio. Nótese que no se consiguieron los resultados salvo en una de las longitudes para cada uno de los listones al utilizar papel de lija.

En este caso, como en los anteriores, se pedirá a los estudiantes que realicen la actividad, que marquen los alcances con una bandera (bola de plastilina con un palillo) y que midan al finalizar la actividad. A partir de los cambios de altura de inicio, los estudiantes podrán observar que el alcance ahora es mayor (siendo todas las variables fijas excepto la altura del tobogán) y que el alcance depende de dicha altura. Esto confirmaría la hipótesis planteada previamente, y permitiría observar que el alcance no depende de la pendiente sino de la altura del inicio del tobogán. Independientemente de la longitud del soporte, cuando la experiencia mantiene constante la altura, cambian las pendientes pero no los alcances medidos.

Tras el registro de los resultados de la segunda y tercera ronda de experimentación (cambio de altura del soporte), se suscita a los estudiantes que describan lo observado, y que indiquen qué está ocurriendo. En este caso puede ser de interés retomar la hipótesis planteada previamente de qué esperaban obtener, y analizar qué ha salido y cómo ha influido el cambio de la variable (altura del tobogán). De forma paralela se puede suscitar el debate sobre seguridad, ya que algunos de los listones no eran seguros, y la seguridad iba disminuyendo según se va produciendo aumento de la altura y que la relación altura-pendiente produce construcciones más inseguras.

¿Qué tienen en común las distintas alturas? ¿Qué es diferente entre las distintas alturas? ¿qué ha pasado con el alcance? ¿Y con la seguridad? ¿Cuándo llega más lejos el sacapuntas?

Podéis apuntar lo que habéis observado en este espacio.

Figura 24. Ejemplo del cuadernillo del estudiante para la propuesta de reflexión.

Una vez concluida esta recapitulación, puede suscitarse de nuevo preguntas sobre si lo observado es siempre así, o es algo que solo ocurre en la madera (material utilizado en la actividad). Se pueden suscitar preguntas a través de cuestiones como ¿Esto es así siempre? Y si en lugar de usar madera hubiéramos usado otro material, ¿habría salido lo mismo? De esta manera orientamos a los estudiantes a comprobar cómo influye el material en el alcance del objeto de pruebas.

En el diseño de esta parte, influencia del material, se han analizado distintos materiales que podrían modificar el comportamiento. El objetivo era introducir que es la superficie de contacto entre los dos materiales (sacapuntas y rampa) lo que modifica los resultados, pero evitando cambiar aspectos poco visibles, como puede ser usar rampas de distintos materiales que pueden suscitar cambios asociados a la forma, tamaño, geometría de los mismos. Por otro lado introducimos el concepto objeto, la rampa cambia sus propiedades porque ha dejado ser madera, y ha pasado a ser el objeto rampa de madera y un material sobre su superficie.

Para esta construcción, se decidió modificar los mismos listones de trabajo, sobre la parte inferior de los mismos, donde se colocó cinta de doble clara que permitiera añadir sobre el mismo listón el cambio de material. Se ensayaron materiales que implican variación de la rugosidad o adhesión de las superficies y se utilizaron tanto papel de lija, papel de aluminio, papel film, papel de cocina y paño de cocina.



Figura 25. *Fotografías de los materiales utilizados que modifican la superficie de los listones y resultados de experimentación desarrollados en el laboratorio (trapo de cocina, papel de lija, papel de aluminio)*

Para esta tercera ronda de experimentación se propone a los estudiantes utilizar aquellos listones que hayan dado mejores resultados hasta ahora, aquellos con los que no haya habido problemas de bote. De los materiales descritos previamente, las diferencias entre papel de lija, felpa y papel de cocina eran mínimas y reducían sensiblemente el deslizamiento sobre la superficie.

Además, algunos de dichos materiales eran más complejos de colocar por ser más irregulares y la experiencia era demasiado extensa y no aportaba datos significativos. Ocurre algo similar entre el papel de aluminio y transparente, apenas hay diferencia por lo que se han escogido únicamente el papel de lija y el de aluminio como materiales para conducir la experiencia.

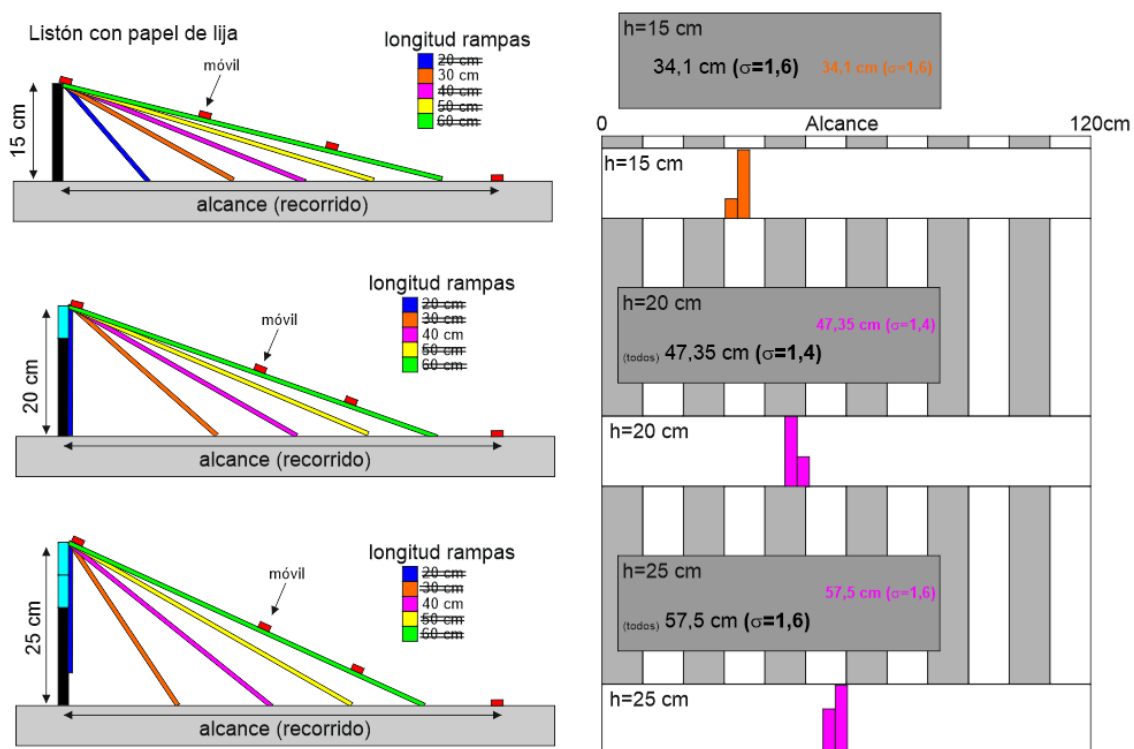


Figura 26. Ejemplo de resultados con materiales alternativos en la superficie de rozamiento (papel de lija).

Ambos materiales permiten introducir dos aspectos interesantes, por un lado el rozamiento de dichas superficies, el análogo con superficie rugosa, pero ver también que depende del material, y la rugosidad aumenta el rozamiento (frena más el objeto, reduce su alcance), pero que en materiales aparentemente lisos, puede ocurrir que haya resultados diferentes a lo esperado (en este caso, asociado a un material aparentemente liso -papel de aluminio- frente al papel de lija). El fenómeno en ambos casos es el mismo, pero la

observación no es evidente en la rugosidad a escala visible del papel de aluminio. El objetivo es, por tanto, que el alcance se vea modificado por el cambio en el contacto entre móvil y rampa, porque el tipo de material puede frenar el objeto en la rampa (reducir su alcance).

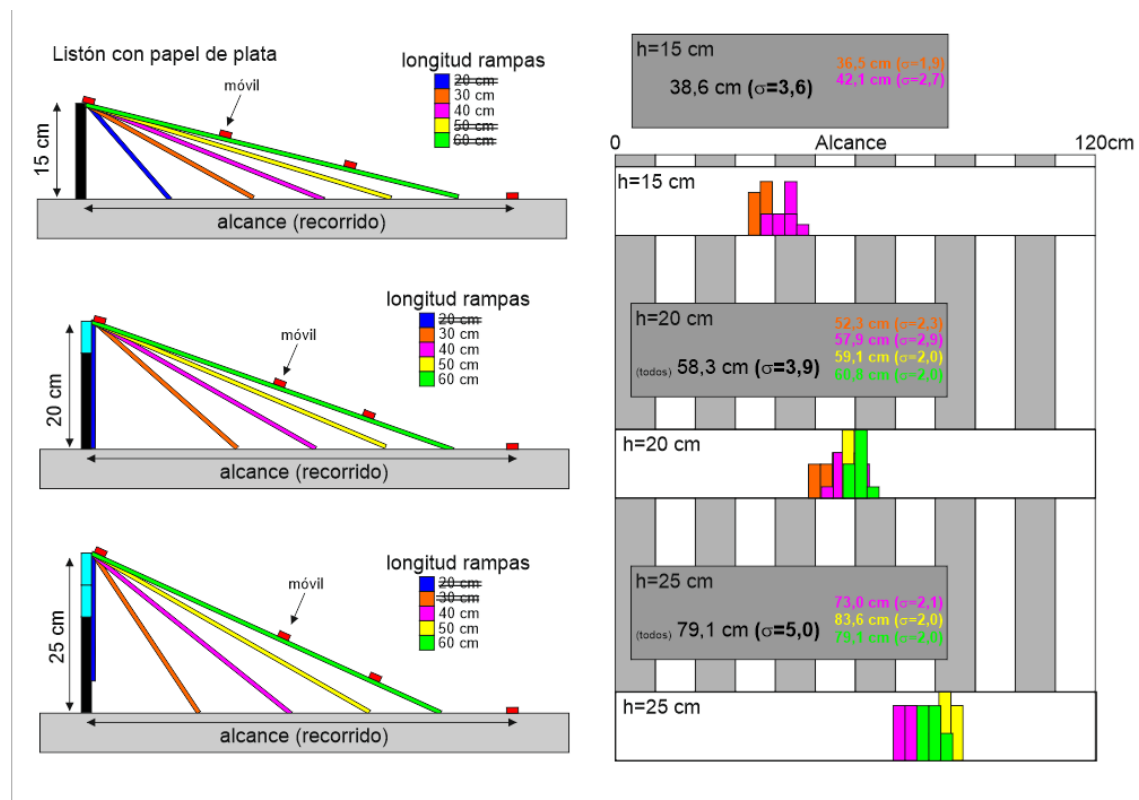
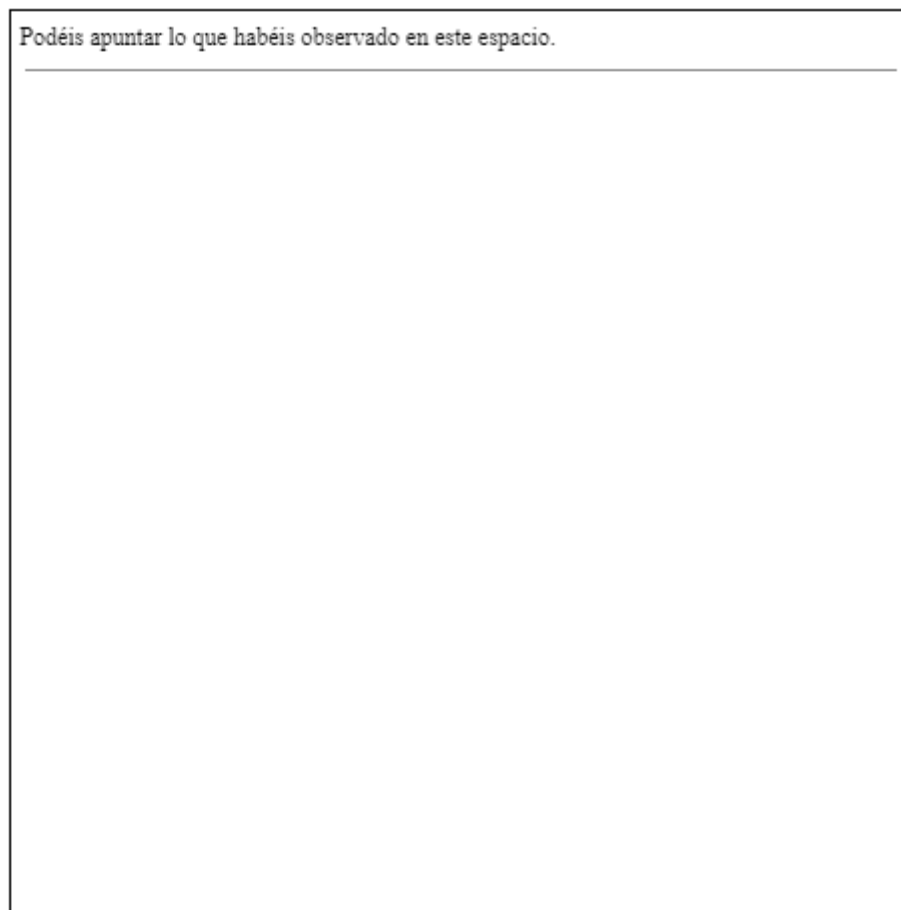


Figura 27. Ejemplo de resultados con materiales alternativos en la superficie de rozamiento (papel de aluminio).

A modo de reflexión posterior, los estudiantes pueden describir lo que ha ocurrido, tratando de buscar una explicación a los resultados de la experiencia y comparando con los resultados obtenidos en las dos fases previas de la experimentación. Con ayuda del docente, se pueden introducir interrogantes con los que recuperar y sintetizar lo observado. De esta manera orientamos a sistematizar las observaciones realizadas, ayudándoles a generalizar y sintetizar los resultados que han ido obteniendo y seguir una estructura formal de observación, evaluación de los cambios realizados, cambio en los resultados e identificación de los factores que modifican los resultados. En este caso, como en los previos referidos, la idea es pedir a los estudiantes por grupos que discutan sobre lo trabajado, para luego recuperar lo realizado en el grupo clase para suscitar el debate y reconducir de forma conjunta los resultados e interpretaciones realizadas.

Qué ha ocurrido? Contadme lo que os ha pasado a ver si ha salido algo interesante.

Podéis apuntar lo que habéis observado en este espacio.



Ahora que ya tenemos todos los resultados, y sabemos cómo afecta la altura, la longitud y los materiales de la superficie, ya sabemos qué tenemos que analizar cuando diseñemos nuestro tobogán.

Figura 28. *Ejemplo de propuesta de reflexión del guión o cuadernillo del estudiante...*

A partir de los resultados obtenidos en las tres fases de experimentación y de las conclusiones extraídas en cada puesta en común (altura, alcance, energía, inclinación, que los objetos según el material de la superficie se frenan más, que sea seguro, etc...), y del debate suscitado en el aula se propondrá el diseño grupal del prototipo. La idea es que los estudiantes puedan desarrollar una propuesta de tobogán considerando cómo influye la altura, la pendiente, el tipo de material, la seguridad y su funcionamiento (que sea divertido).

Además se incluye el concepto de escala al generar un prototipo 3D con medidas adaptadas a la vida real. Esto implica un salto conceptual entre lo observado en laboratorio para generalizar a la realidad, en la medida (escala) pero manteniendo los mismos procesos (ocurre lo mismo y se debe a lo mismo en el modelo que en la realidad).

En la propuesta no se han considerado los cambios de masa en el modelo pero que puede representar otra variable a introducir en la actividad de laboratorio. Al realizar el diseño de esta actividad se realizaron también pruebas incorporando masa al móvil (rellenar el sacapuntas de plastilina), pero se decidió no ampliar las variables en la actividad, aunque puede ser una línea complementaria de trabajo para evaluar cómo las fuerzas implicadas son proporcionales a la masa de los objetos de prueba y los resultados cambian al variar la masa y con ello las fuerzas involucradas.

Fase 3: Diseño de un prototipo 3D

Tomando como referencia los resultados obtenidos en las tres fases de experimentación y las conclusiones extraídas en cada puesta en común (altura, alcance, energía, inclinación, que los objetos según el material de la superficie se frenan más, que sea seguro, etc...), se propone a cada grupo de trabajo que diseñen un prototipo 3D con medidas adaptadas a la vida real. Para llevar a cabo esta dinámica, es necesario recapitular con los estudiantes y ver de qué manera influyen las variables de longitud (pendiente), altura y superficie de deslizamiento en el alcance del objeto de pruebas, se recupera con los estudiantes las conclusiones extraídas de la experiencia. A partir de las observaciones realizadas, los datos recogidos y conclusiones extraídas a partir de la puesta en común se proporcionan una serie de pautas para la construcción del diseño.

Asimismo, en esta fase de la experiencia entran en juego contenidos matemáticos, como la medición de longitudes, la conversión de unidades, los cálculos de escala, además de la generalización de los resultados para escoger una serie de datos de los obtenidos de la experimentación. Los contenidos artísticos también juegan un papel importante, a través de la utilización de un software de diseño 3D para la creación de prototipos. Es durante este segmento de la actividad, donde se retoma lo que se ha comentado en las primeras fases del proyecto, en relación al diseño primero de maquetas, después prototipos, diseño en ordenador e instrucción para su construcción en la realidad.



Figura 29. Ejemplo de construcciones reales y su representación a escala en una maqueta.

Para desarrollar el diseño del prototipo se propone el uso de Tinkercad, una herramienta online y gratuita de diseño 3D, que incluye una colección de formas y herramientas con las que crear modelos 3D de manera fácil y sencilla. Tinkercad está pensado para crear modelos complejos a partir de la combinación de objetos más simples, por lo que resulta fácil de usar y tiene muy buenos resultados entre maestros, niños, aficionados y diseñadores. Asimismo, ofrece muchas otras posibilidades, como herramientas para la animación 3D, ya que se puede añadir movimiento a los prototipos diseñados. Por otra parte, ofrece la visualización de diseños 3D en realidad aumentada, la importación de archivos STL para poder rediseñarlos y la exportación de archivos 3D a formato STL para imprimirlos y verlos en la vida real.

¿CÓMO SE UTILIZA?

Creamos una cuenta e iniciamos sesión.

Podemos crear diseños sin límite y usar todas las herramientas.

Arrastra los bloques de construcción o las figuras que quieras utilizar desde la barra de herramientas hasta el plano de trabajo.

Mueve, gira y ajusta el tamaño de las formas en el espacio de trabajo a través de los puntos azules que acompañan a cada figura.

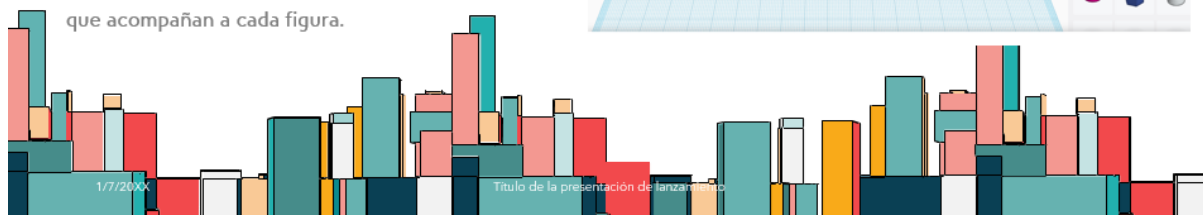
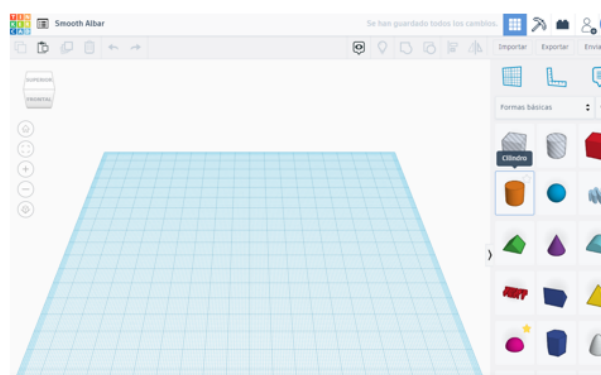
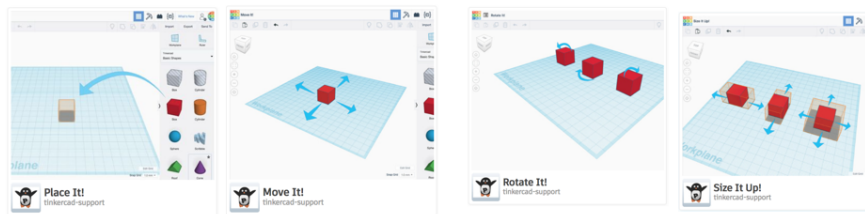


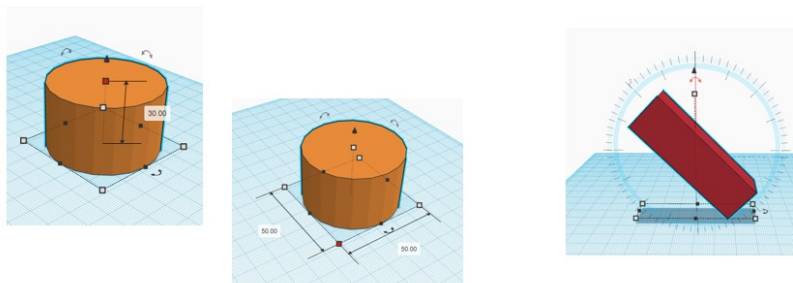
Figura 30. Introducción a la herramienta Tinkercad.

A modo de introducción, esta fase comienza con una breve presentación de las herramientas y posibilidades que ofrece el software, especialmente las destinadas a medir formas y objetos, así como modificar el tamaño y rotación de los mismos. Otras herramientas como el agrupado de varios objetos en una misma entidad, el cambio de color, o la creación de extrusiones son más complejas, pueden abordarse en caso de obtener una buena respuesta por parte del grupo o bien en cursos superiores. Las herramientas imprescindibles para el buen desarrollo de la experiencia son la regla y calibre, con las que los estudiantes pueden llevar a cabo la aplicación de las medidas y escalas para la construcción exacta del prototipo. Esta primera toma de contacto puede desarrollarse con el diseño de partes del prototipo, una forma de adecuarse al funcionamiento del programa y al factor escala para evitar que sean problemas posteriores en el diseño del tobogán.

CREACIÓN Y EDICIÓN DE FORMAS




HERRAMIENTAS: REGLA Y ROTACIÓN



1/07/20XX

Figura 31. Recursos, herramientas y presentación ofrecida para el diseño en el programa Tinkercad.

Una vez familiarizados con el software, se propone el trabajo a los chicos y chicas para diseñar el boceto del tobogán, añadiendo ideas y bosquejos que incorporarán en el producto final de cada equipo.



Recordad que el tobogán tenía que ser divertido y seguro, pensad que altura y longitud habéis escogido, cuál os daba mejores resultados y por qué la queréis incorporar al diseño final. Cuando terminéis de diseñar vuestro prototipo, un representante de cada grupo mostrará al resto de compañeros y compañeras vuestro diseño, explicando porqué habéis escogido esa altura, longitud y material para construir el tobogán.

Podéis apuntar ideas, bocetos y dibujos sobre vuestro diseño aquí.

Figura 32. Cuadernillo del estudiante con el contexto a rellenar por los estudiantes en la propuesta de diseño.

Durante la actividad de diseño, el docente irá pasando por las mesas en las que están trabajando los grupos para ayudar en las dudas tanto de diseño como de uso del programa informático. El objetivo es que todos los grupos consigan diseñar un proyecto que compartirán con el grupo clase.

A partir de esta presentación de los diseños, el docente guiará y aprovechará dicha situación para recapitular con los estudiantes los distintos diseños, haciendo referencia a los aspectos conceptuales trabajados, comparando los proyectos, instando a los estudiantes a participar en la evaluación de los proyectos, y preguntando sobre los objetivos de que sea divertido y seguro, y cómo se han podido alcanzar proyectos finales distintos pero aplicando los mismos conceptos. Es decir, se utiliza esta sesión como reflexión final de lo aprendido, lo visto, y lo que condiciona el diseño final del proyecto.

Llegó la hora de escoger el proyecto que vamos a presentar todo el grupo de forma conjunta. Para elegirlo, vamos a analizar los proyectos de todos los equipos. De nuevo os recuerdo, que además de divertido ¡tiene que ser seguro!

Para ello vamos a hacer una cosa, vamos a votar qué prototipo nos ha resultado más interesante, y que cada grupo añada ideas y mejoras para conseguir un diseño final en el que todos hayamos puesto nuestro granito de arena ¿Os parece?

Podéis apuntar ideas sobre los diseños aquí.

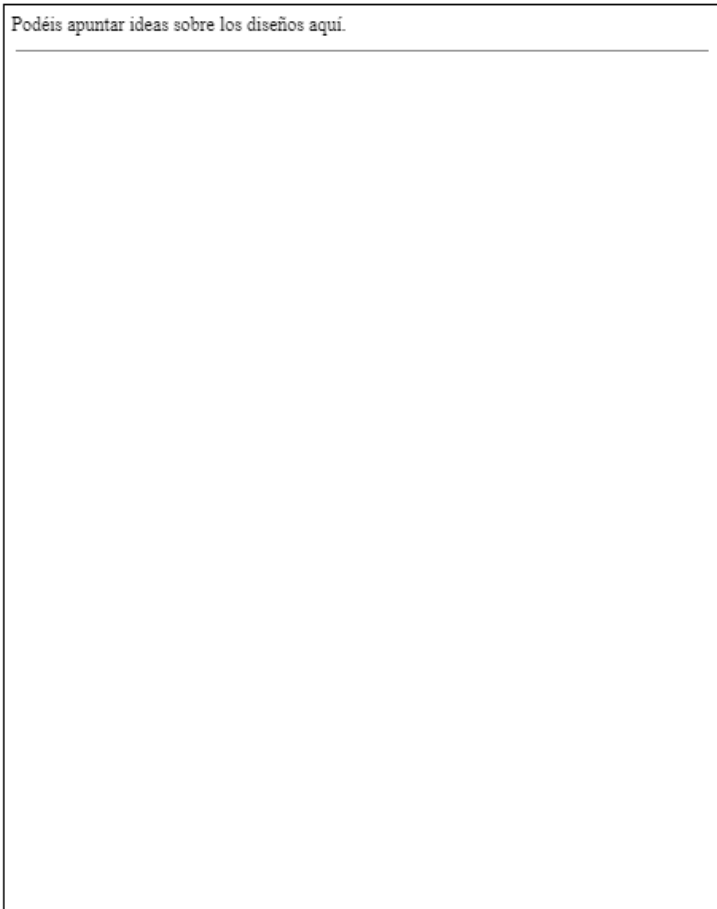


Figura 33. Captura del cuadernillo de actividades sobre la conclusión de la experiencia con las ideas resumen y dibujos de los estudiantes.

La fase final del proyecto se puede abordar de varias formas distintas, dependiendo de la forma de trabajo y conclusiones obtenidas por los estudiantes, puede plantearse i) los estudiantes eligen uno de los proyectos, ii) los estudiantes eligen uno de los proyectos pero lo modifican para mejorarlo, o iii) se diseña de forma conjunta el proyecto final integrando las ideas y propuestas planteadas por los estudiantes.

Para garantizar la participación activa de todos los estudiantes en este proyecto, cada grupo puede realizar comentarios, valoraciones y modificaciones con las que contribuir y mejorar el proyecto final o el de sus compañeros. Al fin y al cabo, es un proyecto conjunto del grupo clase, porque como indicado al inicio de la actividad, es un encargo que ha realizado el centro a nuestro grupo de estudiantes.

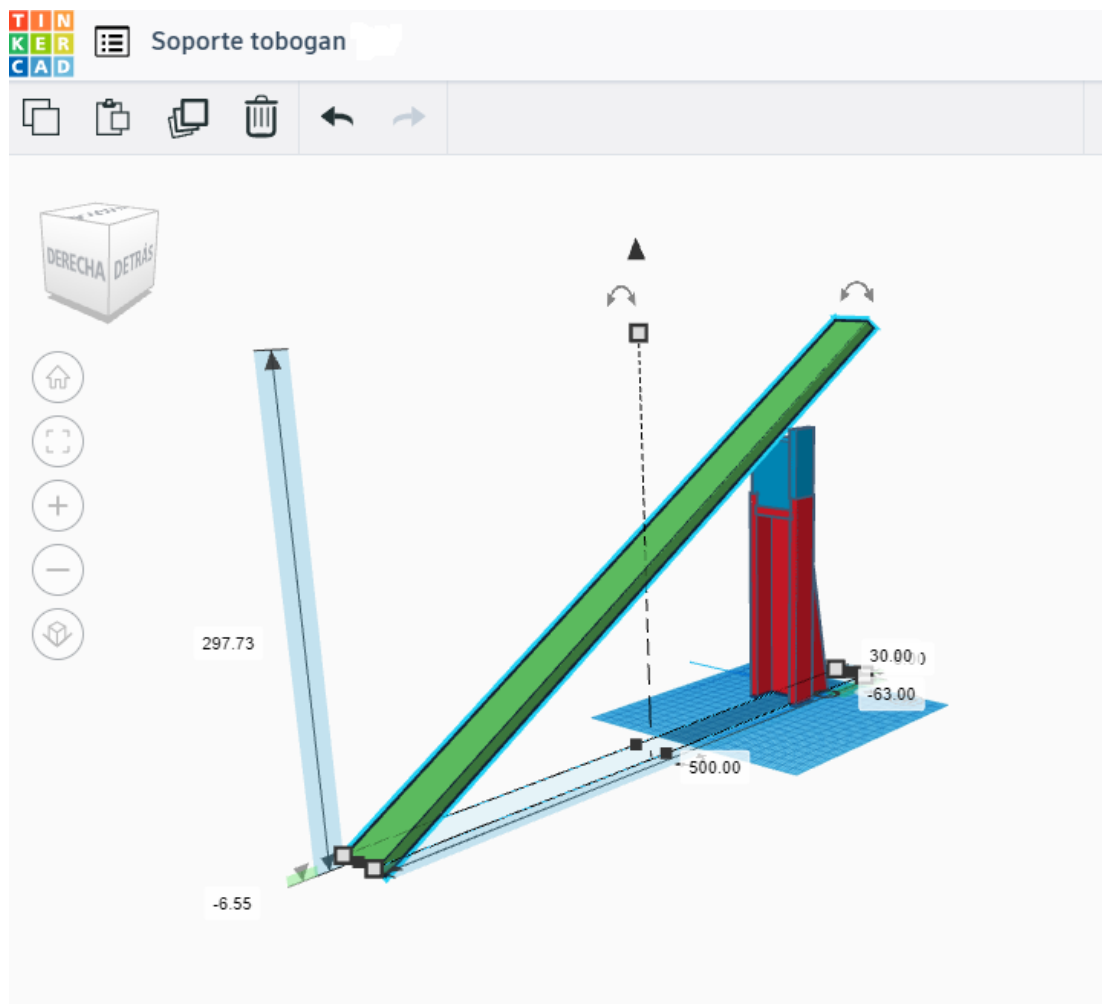


Figura 34. Ejemplo de resultados obtenidos en el diseño del tobogán utilizando Tinkercad.

5. Evaluación

Siguiendo las líneas metodológicas propuestas en la delimitación conceptual, la evaluación del proyecto cuenta con un carácter multidimensional, por lo que se recoge en este apartado una valoración del trabajo a nivel de desarrollo, una evaluación de las características del producto final y una revisión de la participación de los estudiantes dentro sus respectivos equipos de trabajo. Asimismo, la propuesta de evaluación da peso a valorar si el producto final se adecúa a lo planteado en las fases iniciales de contextualización de la experiencia.

En primer lugar, se plantea una evaluación del “objeto construido” y en el que se van a plasmar todos los aprendizajes adquiridos por los estudiantes. En segundo lugar una evaluación de los aprendizajes realizados durante la actividad indagatoria y que se diseña de tipo formativa y de acompañamiento del estudiante (aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales). Una tercera fase, posterior a la actividad realizada, y orientada a evaluar el grado de aprendizaje sobre los aspectos de las distintas áreas involucradas, pero también de los conceptos de ciencia trabajados y su aplicación en un contexto diferente al de la propia actividad. En cuarto lugar podría quedar una última fase de autoevaluación del docente relativa al diseño de la propia actividad, su dinámica y la identificación de problemas que hayan podido aparecer. Esta última fase se centraría en evaluar el propio diseño del proyecto y actividades, bien sea durante el desarrollo de la actividad, al finalizar la misma, e integrando tanto los resultados de los estudiantes (conocimientos adquiridos, e incluso su propia evaluación de la actividad) como también la evaluación de aspectos recogidos en la rúbrica utilizada por Ferrès et al., (2013).

En la primera fase, evaluación del producto final, puede valorarse tanto el conjunto del proyecto STEAM como las características del producto obtenido. El análisis del producto final permite evaluar de forma integrada el propio producto, dejando los aspectos conceptuales y procedimentales a la actuación de la evaluación formativa. En el caso del producto final se plantea evaluar aspectos sobre i) cumplimiento de las especificaciones originales, es decir, que sea divertido y seguro, ii) diseño original, en qué grado se ha procurado no replicar exactamente los ejemplos realizados previamente, iii) integración del factor de escala y contrastación con la realidad, iv) evaluación conjunta de la toma de medidas, representación y unidades, los materiales, el diseño o v) el diseño colaborativo del producto final.

	Excelente	Bien	Suficiente	Insuficiente
Especificaciones iniciales	El resultado final se ajusta perfectamente a los requisitos propuestos en la fase inicial del proyecto. Además de ser seguro el descenso (no vota), es óptimo (no se para) y se comprende la implicación de las variables en el recorrido del objeto (dependencia de la altura en el alcance, no de la pendiente como tal, pero sí de la superficie de contacto).	El resultado final se ajusta de manera parcial a los requisitos propuestos en la fase inicial del proyecto (seguridad y óptimo; pero limitado - no identifica que el proyecto se puede mejorar reduciendo la altura, o aumentando la longitud de los listones, o cambiando el material). Se obtiene resultado pero en el límite operable sin perspectiva de adecuación de mejora.	El resultado final se diseña únicamente modificando una de las variables (altura, longitud o material), pero no tiene perspectiva de la modificación conjunta de las variables para obtener el mismo resultado, o bien, se ha limitado a ajustar experimentalmente cambiando sólo una de las variables o reproduciendo los experimentos realizados.	El resultado final no se ajusta a ninguno de los requisitos definidos durante la contextualización del proyecto, no es seguro, bota mucho tras el deslizamiento, no es funcional, y el estudiante no es capaz de modificar las variables para adecuar el proyecto para que cumpla las condiciones de seguro y divertido. .
Originalidad del diseño	Diseño alejado de los ejemplos y bocetos desarrollados durante la actividad práctica estructurada o no es una réplica de los trabajos de otros equipos. Elaboran un proyecto a partir de sus propias ideas (coherencia entre proyecto y fases elaboradas), e incorporan, adaptando, los diseños de otros compañeros. Además proporcionan ideas a otros equipos de trabajo.	Diseño con algunas similitudes a los propuestos en la parte experimental o se inspiran sin adaptar, los propuestos por otros equipos de trabajo. Ideas propias integradas en los diseños de otros equipos.	Diseño que guarda similitudes con los ejemplos y bocetos propuestos por otros equipos de trabajo o que se limitan a reproducir el mismo experimento realizado en la parte experimental... Se han cogido ideas externas y se han introducido en el proyecto, pero no adaptándose, o bien su incorporación no es operativa.	Diseño muy similar a los ejemplos y bocetos propuestos por otros equipos de trabajo o del propio diseño de la actividad experimental. No desarrolla, adapta o propone cambios a los modelos, y si lo hace, no adapta su funcionamiento y produce un producto final no operativo.

Integración del factor escala	Diseño escalado proporcionalmente correcto, proceso de toma de medidas riguroso (unidades). No hay errores de cálculo que afecten al producto final.	Diseño escalado parcialmente, la escala real y la del modelo no coinciden, aunque la correlación entre ellos es operativa. El resultado final se ve afectado puesto que no funciona correctamente...	Diseño desarrollado a partir de errores de traslación de las escalas (la relación angular modelo-realidad no es operativa, o los tamaños del proyecto reproducen el tamaño del prototipo o maqueta.	Diseño no mantiene escala, proporcionalidad o relación entre las variables. El boceto y diseño 3D dibujado no atiende a medidas ni a cuestiones de escala.
Desarrollo del proceso	Desarrolla las indicaciones y recomendación aportadas a lo largo del proceso a la medición, organiza los materiales, prepara los escenarios de experimentación, recoge los resultados, los recapitula y extrapola a los fenómenos observados y participa en las conclusiones grupales.	Desarrolla las indicaciones pero, en ocasiones, no sigue las recomendaciones aportadas a lo largo del proceso de medición, organización de materiales, preparación de los escenarios de experimentación, recogida de resultados, recapitulación de los fenómenos observados y participación en las conclusiones grupales.	Desarrolla la actividad sin atender a las indicaciones generales, sigue únicamente las indicaciones que confirman su modelo previo, no modifica su postura ante la actividad experiencial y no considera los argumentos de los compañeros. Sin embargo, reorienta parcialmente las actividades y propuestas a partir de la contrastación con los experimentos realizados.	No sigue las indicaciones o estructura de la actividad, impone ideas previas y no plantea continuidad de la actividad y, cuando se obtienen resultados esperados diferentes a su predicción, no admite dichos resultados y busca explicaciones distintas que modifican los resultados esperados. No admite consideraciones o argumentaciones de los compañeros.
Grado de participación y colaboración	Interacción activa en la que respeta los turnos de palabra y muestra interés por las opiniones ajenas. Expresa ideas propias que contribuyen al desarrollo del proyecto y contribuyen a realizar actividades que permitan contrastar la actividad.	Interacción limitada: respeta el turno de palabra, muestra interés por las opiniones ajenas, pero no expresa o sistematiza sus observaciones. .	Interacción muy limitada, se observan actitudes de escucha activa, pero no se muestra respeto a las opiniones ajenas, no expresa ideas y sugerencias propias y su actitud no contribuye a la interacción grupal. No considera las opiniones o argumentos de sus compañeros.	Apenas se produce interacción con el resto de integrantes del equipo, no respeta la opinión de sus compañeros, ni sus argumentos, y plantea su forma de trabajo al resto de compañeros. En ocasiones con faltas de respeto a los compañeros, interrupciones o negativa a cooperar.

Tabla 2. Rúbrica de evaluación del proyecto STEAM.

El mayor seguimiento y cuidado en la evaluación del proyecto va a estar centrado en la evaluación formativa, es decir, aquella que nos permite acompañar, reconducir, orientar o considerar los aprendizajes que se van obteniendo durante la actividad y las acciones que el docente debe articular durante su desarrollo. En este sentido, aunque esta evaluación puede servir para tomar perspectiva de la evolución individual de los estudiantes, tiene como objetivo identificar aspectos no asimilados para repetir, modificar, cambiar, preguntar o reorientar la actividad que se está desarrollando. Para ilustrar esta dimensión de la evaluación se realiza una tabla evaluativa para cada de una de las fases del proyecto indagatorio, en la que poder determinar el grado de consecución de los objetivos de cada uno de los objetivos de aprendizaje previamente marcados.

Fase 1: Contextualización del proyecto				
Reflexión inicial.	¿Es capaz de identificar los factores que intervienen en el funcionamiento de un tobogán (altura, longitud, pendiente y material de la superficie de deslizamiento)?	Si	No	Comentarios
Diseño colaborativo de bocetos.	¿Participa tratando de incorporar sus ideas al diseño grupal de boceto inicial? El estudiante plantea en el diseño las variables y conocimientos previos que tiene, escucha a sus compañeros y argumenta su opinión para modificar/ampliar las propuestas de sus compañeros.	Si	No	Comentarios
Evaluación de ideas previas.	Los estudiantes exteriorizan sus opiniones o creencias sobre los fenómenos y variables a trabajar, y son capaces al exteriorizarlas de reflexionar sobre lo que piensan sobre el fenómeno a trabajar (si afecta la pendiente o la altura, en cómo afecta la relación geométrica entre ambas variables, si afecta o no el material, etc). Es decir, se genera un contexto en el que el estudiante es capaz de pensar sobre lo que sabe, y predisponerse para comprobar lo que sabe y cómo lo sabe.	Si	No	Comentarios
Fase 2: Experimentación				
Medida con el metro	El estudiante conoce cómo realizar las medidas (conocimiento instrumental), identificación de punto de inicio y final, que el metro debe estar extendido, que los números indicados son medidas en distintas unidades. Conoce cómo trasladar las unidades al formulario (compresión de la medida, y sus unidades) y conoce cómo incluir las unidades de medida correctas en el estadillo (uso de números, unidades, decimales, expresión matemática).	Si	No	Comentarios

Experimentación con listones de madera a altura de 15 cm	Estructura la construcción de forma que la rampa se dispone estable, inclinada sólo a favor de la pendiente del tobogán, realiza la actividad de forma sistemática en el deslizamiento, localiza el lugar de alcance y es capaz de identificar la presencia de bote o ausencia de apoyo eficaz durante el desarrollo. Es riguroso al realizar la actividad, analizar críticamente los resultados individuales, y repetir la actividad para identificar estabilidad en los resultados obtenidos. Realiza la anotación en el cuaderno de las medidas tomadas a partir de la experimentación.	Si	No	Comentarios
Resultados y conclusiones experimentación	Es capaz de identificar las medidas no estables (no seguras o no divertidas) y comparar con los resultados obtenidos estables (es capaz de identificar desviaciones por la forma en la realización del experimento para repetir la medida). Es capaz de observar y argumentar que las medidas no han cambiado con independencia de la longitud del tobogán, porque no se ha cambiado la altura de inicio del mismo.	Si	No	Comentarios
Experimentación con listones de madera a altura de 20 y 25 cm	Estructura la construcción de forma que ambas rampas se disponen estables, inclinadas sólo a favor de la pendiente del tobogán, realiza la actividad de forma sistemática en el deslizamiento, localiza el lugar de alcance y es capaz de identificar la presencia de bote o ausencia de apoyo eficaz durante el desarrollo. Es riguroso al realizar ambas mediciones, analizar críticamente los resultados individuales obtenidos para cada una de las dos alturas, y repetir la actividad para identificar estabilidad en los resultados obtenidos. Además compara los resultados de ambas medidas e identifica los cambios de los resultados con el cambio de la variable (Altura). Realiza la anotación en el cuaderno de las medidas tomadas a partir de ambas experimentaciones.	Si	No	Comentarios
Resultados y conclusiones experimentación	Es capaz de identificar las medidas no estables (no seguras o no divertidas) y comparar con los resultados obtenidos estables en las fases de experimentación previa (es capaz de identificar desviaciones por la forma en la realización del experimento para repetir la medida). Es capaz de observar y argumentar que las medidas no han cambiado con independencia de la longitud del tobogán, sino que han cambiado por la altura del soporte del mismo (comparación con resultados de las dos medidas actuales y de la medida previa realizada).	Si	No	Comentarios
Experimentación con diferentes superficies a tres alturas diferentes	Estructura la construcción de forma que la rampa se dispone estable, inclinada sólo a favor de la pendiente del tobogán, procurando que haya continuidad entre los materiales y evitando rugosidades que puedan interferir en los resultados de la experimentación al colocar los materiales sobre los listones. Realiza la actividad de forma sistemática en el deslizamiento, localiza el lugar de alcance y es capaz de identificar	Si	No	Comentarios

	la presencia de bote o ausencia de apoyo eficaz durante el desarrollo de cada uno de los materiales y alturas propuestas. Es riguroso al realizar la actividad, analizar críticamente los resultados individuales para cada altura y material, y repetir la actividad para identificar estabilidad en los resultados obtenidos. Realiza la anotación en el cuaderno de las medidas tomadas a partir de la experimentación, para cada superficie y altura propuesta.			
Resultados y conclusiones experimentación	Es capaz de identificar las medidas no estables (no seguras o no divertidas) y comparar con los resultados obtenidos estables para cada una de las alturas y superficies de deslizamiento propuestas (es capaz de identificar desviaciones por la forma en la realización del experimento para repetir la medida). Es capaz de observar y argumentar que las medidas no han cambiado con independencia de la longitud del tobogán, sino que han cambiado debido a la altura del soporte y que ante el cambio de material se produce un cambio del alcance por la relación entre la superficie del móvil y el material colocado sobre el listón de la rampa.	Si	No	Comentarios
Recapitulación y conclusiones finales	Es capaz de extraer conclusiones a partir de cada una de los resultados obtenidos en cada una de las fases de experimentación, comparar los resultados en relación a diferencias de alturas y superficies distintas (indicador de rozamiento) y extraer conclusiones a nivel global a partir de la generalización de los resultados, compartiendo las conclusiones extraídas con el resto del grupo-clase y plantea el concepto de energía, carga del objeto y frenado de la superficie con distintos materiales, y en la propia mesa.	Si	No	Comentarios
Método científico	Estructura la actividad siguiendo los pasos definidos por el método científico, cuestionamiento de un fenómeno de estudio, generación de predicciones, experimentación, recogida de resultados, extracción de conclusiones y generación de prototipos y respuestas sobre la pregunta de investigación. En el desarrollo de la actividad y especialmente en los debates o reflexiones grupales, es capaz de argumentar a partir de la observación, identificar la variable que cambia y modifica los resultados, y es capaz de generalizar el comportamiento fundamentado en la observación.	Si	No	Comentarios
Fase 3: Diseño de un prototipo 3D				
Propuesta de diseño. Boceto previo.	Capaz de identificar las variables a configurar en el diseño del tobogán a partir de lo trabajado en la parte experimental, tanto de forma verbal como gráfica (tamaño, proporcionalidad y adecuación a los objetivos planteados de funcionalidad y seguridad). Son capaces de exteriorizar el factor de escala y proporcionalidad entre modelo-prototipo y lo que se pretende construir en la realidad.	Si	No	Comentarios

Manejo de Tinkercad.	El estudiante es capaz de realizar el diseño siguiendo las indicaciones del docente, y además es capaz de realizar cambios del diseño o propuestas alternativas a partir de la comprensión de objeto, tamaño y orientación en el propio programa.	Si	No	Comentarios
Propuesta de diseño 3D	Los estudiantes son capaces de trasladar al programa las medidas y su conversión a escala del prototipo en papel, mantienen la proporcionalidad, ángulo de inclinación, relación altura-alcance, manteniendo la proporcionalidad de la experimentación. En los casos en que se quiera comprobar el funcionamiento del diseño, puede realizarse prueba del diseño realizado en una construcción experimental para comprobar si funciona como esperado.	Si	No	Comentarios
Participación en la reflexión y elección final	El estudiante participa argumentando sobre su propuesta, sobre lo que opina de la de sus compañeros indicando por qué prefiere una opción frente a otra, admite los argumentos de sus compañeros y es capaz de modificar/defender su perspectiva a partir de la argumentación de los resultados experimentales. Es capaz de modificar su proyecto, si había aspectos de diseño mejorables, o apoyar propuestas de sus compañeros porque tienen un mejor diseño, propuesta o articulación. Argumenta cambios en los diseños de sus compañeros o en el proyecto final a partir de los resultados de la experimentación.	Si	No	Comentarios

Tabla 3. Rúbrica de evaluación formativa del proyecto indagatorio.

Una vez evaluados los productos finales desarrollados por cada equipo y comprobada la adecuación del proyecto a la consecución de los objetivos de aprendizaje propuestos, queda valorar en qué grado han interiorizado los alumnos y alumnas del grupo-clase estos contenidos. En este caso, los instrumentos de evaluación a utilizar, se centran en la transposición de los conocimientos adquiridos a lo largo de la experiencia. Se plantean preguntas de transposición, incluidas dentro del marco de una prueba de evaluación final, cuya respuesta no se limita únicamente al formato textual, sino que las ideas se puedan combinar con dibujos, figuras y diagramas. Asimismo, es recomendable que dicha actividad se realice tiempo después de haber finalizado el proyecto STEAM, es decir, poder evaluar si los objetivos de aprendizaje se han conseguido, y si el estudiante es capaz de aplicar lo aprendido en un contexto diferente, o aplicado.

La prueba de evaluación final se podría articular a través de una pregunta en la que se motive a los estudiantes a ayudar a uno de los avatares que presentemos al aula. La propuesta puede ser pedir a los estudiantes que ayuden a resolver un reto, en este caso, mover una lavadora de una habitación a otra que está a distinta altura.

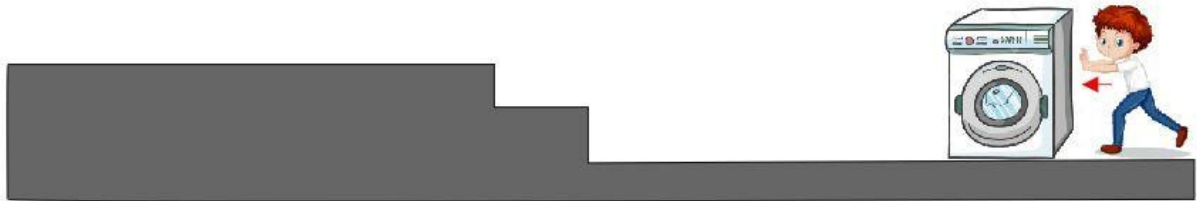


Figura 35. *Propuesta de reto a plantear en la prueba de evaluación ¿cómo podemos mover la lavadora a la habitación más alta?*

Esta propuesta (ver figura 35) parte de solicitar ayuda a los estudiantes para saber cómo mover la lavadora, y donde tengan que explicar cómo lo harían (se incluye en el Anexo 5 una propuesta completa de actividad). La evaluación de la actividad se centra en valorar primero entre varias alternativas (introducción del concepto de rampa como facilitador del trabajo), evaluar distintas alternativas indicando qué esperan que ocurra, cómo lo explicarían al avatar (argumentación de cómo explicar a alguien cómo resolver la actividad), cómo podrían saber cómo hacerlo antes de empezar (reflexión de la experimentalidad, y trabajo a escala o en diseño, previo a la ejecución) o influencia de los materiales (superficies en contacto) para facilitar o entorpecer el desplazamiento (concepto de rozamiento asociado a la superficie en contacto - frena y dificulta el desplazamiento-). Se incluye una eventual propuesta de prueba evaluatoria en el anexo 5 de esta memoria.

De igual forma se pueden plantear preguntas similares en actividades evaluativas diferentes sin necesidad de ser monográfica, como por ejemplo:

- *Jaime tiene un jardín enorme completamente vacío. Sus hijos le han propuesto poner una cama elástica, pero él cree que un tobogán va a ser más divertido. ¿Puedes ayudar a Jaime a diseñar un tobogán divertido y seguro para su jardín?*
- *Dibuja el boceto que le propondrías a Jaime y explica por qué lo has diseñado de esa manera.*

6. Conclusiones y valoración personal.

A partir de la propuesta de trabajo se han abordado conceptos de las áreas de ciencias naturales, matemáticas y artes de manera interdisciplinar. Bien sea de forma directa o indirecta, los estudiantes han tomado contacto con los contenidos propuestos de estas áreas dentro del diseño, construcción y comprensión del funcionamiento de un objeto didáctico, en este caso, un tobogán.

Uno de los objetivos principales en educación es ayudar a nuestros estudiantes a ver el mundo a partir de los conocimientos adquiridos, y que dicho aprendizaje sea útil para entender, comprender y predecir qué ocurre en su entorno. En ocasiones, el aprendizaje, especialmente en algunas materias, suele ser de tipo expositivo, y donde subyace un aprendizaje memorístico por parte de los estudiantes, existe una separación entre lo estudiado en clase y lo que es el mundo exterior. La interacción de los estudiantes con el mundo que les rodea puede producir pensamientos causales que definen cómo ven el mundo, pero que a veces se apartan del conocimiento científico de los hechos.

La aproximación a la realidad, a través de actividades interdisciplinarias en el aula, motivadoras y aparentemente no relacionadas con la rutina habitual del colegio, puede ser una forma de aproximación a los conceptos teóricos que permitan y faciliten integrar los aprendizajes en la vida real (en su forma de ver el mundo). En esta memoria se ha planteado el desarrollo de un proyecto STEAM centrado en el diseño de un tobogán y que permite poner en juego aprendizajes relacionados con las distintas áreas mencionadas, trabajando bajo un enfoque interdisciplinar, contextualizado y sirviéndose de la metodología de indagación como vía de construcción del conocimiento científico.

Esta propuesta no solo permite trabajar conceptos complejos, como las características y tipos de energía, fuerzas a distancia y por contacto, rozamiento y gravedad, máquinas simples y la facilitación del trabajo, funcionamiento del plano inclinado, etc; sino que además permite llevar a cabo una revisión de la secuencia curricular propuesta para estos aprendizajes, evaluando de qué manera se han trabajado estos contenidos en las aulas de primaria, para comprobar con qué experiencias previas llegan los estudiantes de tercer ciclo al inicio de la propuesta y cómo se pueden reconducir algunos aspectos previos no comprendidos, estudiados de forma expositiva o reproductiva, y reorientando a partir de la actividad experiencial, muchos de los conceptos involucrados y sobre los que tienen ya conocimientos personales y que quizás no se han integrado con lo trabajado en el aula.

Mediante la experiencia, estas ideas alternativas se reestructuran, para construir un modelo precursor centrado en trabajar los procedimientos de conservación y transformación de la energía. En esta actividad los aprendizajes se organizan a partir del diseño de un tobogán seguro y funcional, en el que van a intervenir una serie de variables de las que dependerá el alcance de un objeto de pruebas: altura del soporte y superficie de deslizamiento. Siguiendo los principios STEAM, y la estructura propuesta para las experiencias de aprendizaje indagador, se ha estructurado la actividad en tres fases, destinadas a la contextualización de la experiencia y externalización de las ideas previas de los estudiantes; la experimentación, recogida de resultados y la reflexión sobre los fenómenos observados; y el diseño de un prototipo final a partir de los procesos de aplicación de escalas y manejo de un software de diseño 3D.

Por otro lado, se ha prestado especial atención al desarrollo del método científico en el aula, como vehículo de motivación para la estructuración de aspectos relacionados con observación, predicción, reflexión, argumentación y discusión de los resultados, a la luz de la actividad experimental y en la que los estudiantes son motivados a indagar, tanto en un marco estructurado, como también libremente a partir de los materiales y propuestas realizadas.

De cara a la parte conceptual, intervienen principios que se trabajarán principalmente en secundaria, como la transformación de energía potencial en cinética, la concepción del rozamiento como una fuerza y la degradación de la energía por rozamiento y calor, la gravedad como responsable del deslizamiento en el tobogán, el concepto intuitivo de inercia, la carga del objeto como trabajo previo para volver a lanzar el móvil, la identificación del trabajo para elevar el móvil a la parte superior del tobogán y el concepto de máquina que facilita el desarrollo del trabajo.

Aunque estos conceptos son complejos y abstractos para ser trabajados de una manera expositiva, la aproximación experimental fundamentada en los conocimientos previos de los estudiantes sobre dichos fenómenos, permite contextualizar muchos de los saberes intuitivos que ya tienen los estudiantes, y colaborar en el desarrollo de modelos precursores sobre dichos fenómenos sobre los que poder seguir construyendo en el futuro y estructurar/ordenar muchos de los conocimientos que ya han adquirido durante su interacción con el mundo.

En relación al resto de materias curriculares ligadas al modelo STEAM se ponen en práctica la medición de longitudes, la conversión de unidades de medida, el concepto de factor de escala, o la generación de tablas de resultados, como procedimientos asociados al área de Matemáticas; mientras que el uso y manejo de programas de diseño, son procedimientos que se enmarcan dentro de las áreas de Arte y Tecnología.

Todos estos aspectos trabajados forman parte de un proyecto conjunto, donde cada una de las actividades realizadas tiene un objetivo concreto, primero de tipo cooperativo, para finalizar con una construcción colaborativa del objeto final (el tobogán). Al contrario que otros planteamientos STEAM que casi exclusivamente orientan el trabajo al manejo de herramientas digitales y otros recursos tecnológicos, dejando al margen el resto de áreas que conforman el acrónimo, esta experiencia pretende combinar los contenidos de las cinco materias en la construcción del producto final de la experiencia y de los modelos precursores con los que continuar construyendo conocimiento en cursos y etapas posteriores. Este proyecto se desarrolla además con materiales que son habituales en las aulas o fáciles de conseguir.

Hasta el momento, el trabajo se ha limitado únicamente al diseño de la experiencia. Si bien es cierto que ha habido un proceso de experimentación y comprobación de los resultados paralelo a la planificación del proyecto, este ha sido de cara a comprobar la veracidad de los fenómenos de experimentación, la evaluación de la capacidad de observación evidente de los resultados y observar los resultados derivados de los cambios en las variables implicadas en la experiencia. De esta manera, se ha podido plantear una secuencia didáctica con la que trabajar los contenidos planteados, teniendo una garantía de resultados acorde a las hipótesis definidas durante el proceso de planificación.

Una vez planteado un guión sólido de trabajo, con resultados respaldando la hipótesis en torno a la que gira toda la estructuración del proyecto, considero que sería interesante trasladar las dinámicas propuestas a un aula de tercer ciclo de Educación Primaria, con el objetivo de comprobar si realmente el proyecto se ajusta a las características, estilos de aprendizaje e incluso intereses de los estudiantes de un entorno educativo ordinario y si consigue los objetivos de aprendizaje propuestos..

Resultaría interesante comprobar si el enfoque motivacional realmente despierta la curiosidad e interés de los alumnos y alumnas, si el planteamiento interdisciplinar cubre todos los objetivos propuestos o por el contrario algunos hitos quedan en un segundo plano otorgando mayor importancia a determinadas fases de la experiencia, o si el planteamiento cooperativo-colaborativo proporciona buenos resultados tanto a nivel de aprendizaje curricular como de desarrollo de las habilidades de interacción grupal.

Asimismo, llevar este tipo de experiencias al aula proporcionaría una perspectiva real acerca del cambio de paradigma en la enseñanza de las ciencias y del enfoque a la hora de plantear proyectos interdisciplinares, pues se obtiene un amplio rango de valoraciones por parte de los estudiantes. Por otra parte, a través del diseño de instrumentos de evaluación

formativa y de autoevaluación docente, se puede comprobar el grado de adecuación de la planificación didáctica a la consecución de los objetivos de aprendizaje propuestos, ya sean de ciencia o de cualquier otra materia STEAM y la actualización y adaptación de la propuesta al grupo clase y a sus conocimientos previos.

A partir de la elaboración del proyecto didáctico he podido comprobar la necesidad de invertir tiempo a la hora de planificar, desarrollar evaluar y aplicar mejoras a los diseños didácticos. Especialmente cuando se plantean desde un enfoque distinto al de las clases magistrales. La puesta en práctica de este tipo de actividades sin un proceso de planificación y reflexión previo, conduce a un tratamiento poco estructurado e ineficiente de los contenidos que puede incluso generar confusión en los estudiantes y que puede representar un foco de ideas alternativas o de malas comprensiones de los fenómenos trabajados.

7. Referencias bibliográficas.

- Alsina, A. (2009). El aprendizaje realista: una contribución de la investigación en Educación Matemática a la formación del profesorado. En M. J. González, M. T. González y J. Murillo (Eds.), *Investigación Matemática XIII* (pp. 119-127). SEIEM.
- Alsina, A. (2020). Conexiones matemáticas a través de actividades STEAM en Educación Infantil. *Unión* 58, 168-190. <https://union.fespm.es/index.php/UNION/article/view/69>
- Berciano, A., Jiménez-Gestal, C. y Salgado, M. (2021). Educación STEAM en educación infantil: Un acercamiento a la ingeniería. *Didacticae*, (10), 37-54. <https://doi.org/10.1344/did.2021.10.37-54>
- Botero, J. (2018). STEM. Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender. STEM Educación Colombia.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: a 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35. <https://bit.ly/2W4Fsh2>
- Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: challenges and opportunities. NSTA. 120 p
- Bybee, R. W. Scientific inquiry and science teaching. En: Flick, L. B. y Lederman, N. G. (eds.), *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education* (Chapter 1; pp. 1-14). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2004.
- Canals, M.A. (2010). Problemas y más problemas. *Problemas y más problemas* (Los dossiers de María Antonia Canals) Ed. Associació de Mestres Rosa Sensat. 152 p
- Claxton, G. 1194. *Educar mentes curiosas*. Visor/Aprendizaje: A. Machado Libros S. A. Madrid. 192 p.
- Connor, A. M., Karmokar, S., y Whittington, C. (2015). From STEM to STEAM: strategies for enhancing engineering & technology education. *International*

Journal of Engineering Pedagogies, 5(2), 37-47.
<https://doi.org/10.3991/ijep.v5i2.4458>

Couso, D. (2017). Per a que estem a STEM? Un intent de definir l'alfabetització STEM per a tothom i amb valors. *Ciències*, 34, 22-30.
<https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.403>

Del Carmen, L. (2000). Los trabajos prácticos. En: Perales, F. J. y Cañal, P., 2000. *Didáctica de las ciencias experimentales*. Editorial marfil: Alcoy, España.

Del Carmen, L. y Pedrinace, E. , 1997. “El uso del entorno y del trabajo de campo”. En: Del Carmen, L. *La enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza en la Educación Secundaria*. Horsori: Barcelona.

Develaki, M. (2020). Comparing crosscutting practices in STEM disciplines. *Science & Education*, 29(4), 949-979. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00147-1>

Echeverría, V., (2019). Aprendizaje basado en proyectos y TIC'S en clase EFL (English foreign language). [Conference]. 5to Congreso Internacional de Ciencias Pedagógicas de Ecuador. Aprendizaje en la sociedad del conocimiento: modelos, experiencias y propuestas. Guayaquil, Ecuador.
<https://bit.ly/3iZ1kAP>

Edelvives (2014). *Ciencias de la Naturaleza 3º Primaria*, Superpíxepolis. Editorial Edelvives.

European Commission. (2007). *Science education now: a renewed pedagogy for the future of Europe*. European Communities.

Exploratorium (2019). *The thinking studio*. Recuperado de Sánchez Ludeña E. (2019). *La educación STEAM y la cultura maker*. Padres y maestros. nº379. Madrid. Editorial Anaya.

Fernández-López, L. (2011). Los proyectos de investigación del alumnado y las competencias básicas y científicas. En M.P. Jiménez Aleixandre (ed.) y L.

- Fernández-López (coord.), Cuaderno de Indagación en el Aula y Competencia Científica, pp. 17– 31. Madrid: Ministerio de Educación.
- Ferrés, C., Marbá, T., Sanmartí y N. (2014). Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. Grup LIEC (Llenguatge i Ensenyament de les Ciències). Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimental. Universitat Autònoma de Barcelona. España.
- Freudenthal, H. (1991). Revisiting mathematics education. China Lectures. Kluwer Academic Publishers.
- Garritz, A. Indagación: las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje. Educación. Química. 21(2), 106-110, 2010. © Universidad Nacional Autónoma de México.
- Greca, I. M., Ortiz-Revilla, J., y Arriasecq, I. (2021). Diseño y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje STEAM para Educación Primaria. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 18(1), 1802. http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1802
- Herro, D., y Quigley, C. (2017). Exploring teachers' perceptions of STEAM teaching through professional development: implications for teacher educators. Professional Development in Education, 43(3), 416-438. <https://doi.org/10.1080/19415257.2016.1205507>
- Jiménez-Gestal, C., Berciano, A. y Salgado, M. (2019). Cómo trabajar la orientación espacial de modo significativo en Educación Infantil: implicaciones didácticas. Revista de Educación Matemática, 31(2),61-74. <http://doi.org/10.24844/EM3102.03>
- LOE (2006). Ley Orgánica 2/2006 de 3 de mayo de Educación. Ministerio de Educación y Cultura.
- Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa del 9 de diciembre de 2013.

- López-Noguero, F. (2005). Metodologías participativas en la enseñanza universitaria. Narcea.
- Meza, H. y Duarte, E. (2020). La metodología STEAM en el desarrollo de competencias y la resolución de problemas. [Conference]. II Congreso Internacional de Educación: Una nueva mirada en la mediación pedagógica. Costa Rica. <https://bit.ly/3foQulz>
- National Council of Teachers of Mathematics. [NCTM] (2000). Principles and standards for school mathematics. Reston: National Council of Teachers of Mathematics (Trad. Castellana, Principios y estándares para la educación matemática. Sociedad Andaluza de Educación Matemática Thales, 2003).
- National Research Council. (2014). STEM Integration in K-12 education. Status, prospects, and an agenda for research. The National Academies Press.
- Orden de 16 de junio de 2014, de la Consejería de Educación, Universidad, Cultura y Deporte, por la que se aprueba el currículo de la Educación Primaria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.
- Orden, de 29 de julio, por la que se modifica la Orden de 16 de junio de 2014, de la Consejería de Educación, Universidad, Cultura y Deporte, por la que se aprueba el currículo de la Educación Primaria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.
- Orden de 21 de diciembre de 2015, de la Consejería de Educación, Cultura y Deporte, por la que se regula la evaluación en Educación Primaria en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. UNESCO, (1970). La alfabetización funcional. Cómo y por qué. UNESCO.
- Ortiz-Revilla, J., Adúriz-Bravo, A., y Greca, I. M. (2020). A framework for epistemological discussion around an integrated STEM education. *Science & Education*, 29(4), 857-880. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00131-9>

- Ortiz-Revilla, J., Greca, I. M., y Adúriz-Bravo, A. (2018). La Educación STEAM y el desarrollo competencial en la Educación Primaria. En I. M. Greca y J. Á. Meneses Villagrà (Eds.), *Proyectos STEAM para la Educación Primaria. Fundamentos y aplicaciones prácticas* (pp. 41-54). Dextra.
- Ortiz-Revilla, J., Greca, I. M., y Meneses-Villagrà, J. Á. (2021). Efectos de una propuesta STEAM integrada en el desarrollo competencial del alumnado de Educación Primaria. *Infancia y Aprendizaje*. Publicación anticipada en línea. <https://doi.org/10.1080/02103702.2021.1925473>
- Ortiz-Revilla, J., Sanz-Camarero, R. y Greca, I. M. (2021). Una mirada crítica a los modelos teóricos sobre educación STEAM integrada. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(2), 13-33. <https://doi.org/10.35362/rie8724634>
- Osborne, J., y Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: critical reflections*. The Nuffield Foundation. Quigley, C. F., y Herro, D. (2016). “Finding the joy in the unknown”: implementation of STEAM teaching practices in middle school science and math classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(3), 410-426. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9602-z>
- Perelejo, M. (2018). *Educación STEAM, ABP y aprendizaje cooperativo en Tecnología en 2º ESO*. Universidad Internacional de La Rioja. 83p.
- Quigley, C. F., y Herro, D. (2016). “Finding the joy in the unknown”: implementation of STEAM teaching practices in middle school science and math classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(3), 410-426. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9602-z>
- Real Decreto del 28 de febrero de 2014, por el que se establece el currículo básico de Educación Primaria.
- Resolución del 12 de abril de 2016, orientaciones sobre los perfiles competenciales de las áreas de conocimiento y los perfiles de las competencias clave por cursos.

- Ruiz, F. (2017). Diseño de proyectos STEAM a partir del currículo actual de educación primaria utilizando aprendizaje basado en problemas, aprendizaje cooperativo, Flipped classroom y robótica educativa. [Doctoral dissertation, Universidad CEU Cardenal Herrera]. Alfar del Patriarca. <https://bit.ly/2ZvFNby>
- Sánchez Ludeña, E. (2018). Desarrollo de las Competencias STEAM en Educación Primaria. Claves de la innovación didáctica. Madrid. Editorial Anaya.
- Sánchez, I.P. (2018). Análisis de la Metodología Steam a través de la percepción docente. [Tesis de Maestría, Universidad de Valladolid]. <https://bit.ly/2DuoYoA>
- Santillán Aguirre, P., Jaramillo Moyano, E., Santos Poveda, R. y Cadena Vaca, V. (2020). STEAM como metodología activa de aprendizaje en la educación superior. Polo de Conocimiento. (Edición núm. 48) Vol. 5, No 08 Agosto 2020, pp. 467-492.
- Santillán, J.P., Cadena V., Santos, R. y Jaramillo, E. (2020). STEAM methodology, as a resource for learning in higher education [Conference]. Proceedings of INTED2020 Conference 2nd-4th March 2020, Valencia, Spain. <https://bit.ly/3efrewR>
- Santillán, J.P., Cadena, V.del C., & Cadena, M. (2019). Educación Steam: Entrada a la sociedad del conocimiento. Ciencia Digital, 3(3.4.), 212-227. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.4.847>
- Santillana (2014) Ciencias de la Naturaleza 5º de Primaria, Serie investiga. Editorial Santillana.
- Sarama, J., Clements, D., Nielsen, N., Blanton, M., Romance, N., Hoover, M., Staudt, C., Baroody, A., McWayne, C. y McCulloch, C., (2018). Considerations for STEM education from PreK through grade 3. Education Development Center, Inc. <https://www.edc.org/considerations-stem-education-prek-through-grade-3>

- Schwab, J., Enquiry, the science teacher, and the educator, *The Science Teacher*, 27, 6–11, 1960.
- Schwab, J., *The teaching of science*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1966.
- Sevilla, S., Solano, N., (2020). Supervisión 21. *Revista de Educación e Inspección*, 55, 1-24. <https://bit.ly/3j3x3B1>
- Tamir, P., Nussinovitz, R., y Friedler, Y. (1982). The development and use of a Practical Test Assessment Inventory. *Journal of Biological Education*, 16, 42–50.
- Vicens Vives (2014). *Naturales 3*, Editorial. Vicens Vives.
- Vicens Vives (2014). *Naturales 4*, Editorial. Vicens Vives.
- Yakman, G. (2008). STEAM education: An overview of creating a model of integrative education. [Conference]. En *Pupils' Attitudes Towards Technology (PATT-15)*. Salt Lake City, USA.
- Zollman, A. (2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning. *School Science and Mathematics*, 112(1), 12-19. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2012.00101>

Anexo 1.

Tabla que recoge los conceptos y forma de aproximación a los contenidos del proyecto STEAM separados por áreas y recogidos en el BOA (Orden de 16 de junio de 2014)

Área: Ciencias de la Naturaleza

Primer ciclo: Cursos 1º y 2º de Educación Primaria

Bloque 1: Iniciación a la actividad científica

- Iniciación a la actividad científica.
- Aproximación experimental a algunas cuestiones.
- Trabajo individual y en grupo. Técnicas de estudio y trabajo.
- Planificación y realización de proyectos

Bloque 4: Materia y Energía

- Experiencias e investigaciones.
- Fuerza y movimiento.

Bloque 5: Tecnología, objetos y máquinas.

- Montaje y desmontaje de piezas siguiendo un modelo.

Segundo ciclo: Cursos 3º y 4º de Educación Primaria

Bloque 1: Iniciación a la actividad científica

- Iniciación a la actividad científica.
- Aproximación experimental a algunas cuestiones.
- Utilización de diversos materiales, teniendo en cuenta las normas de seguridad. Trabajo individual y en grupo.
- Planificación de proyectos y presentación de informes.
- Realización de proyectos.

Bloque 4: Materia y Energía

- Predicción de cambios en el movimiento o en la forma de los cuerpos por efecto de las fuerzas: planos inclinados, muelles, globos, pelotas, esponjas, colchonetas...
- Concepto de energía. Diferentes formas de energía

Bloque 5: Tecnología objetos y máquinas.

- Análisis de operadores y utilización en la construcción de un aparato.

- Construcción de estructuras sencillas que cumplan una función a partir de piezas moduladas.

Tercer ciclo: Cursos 5º y 6º de Educación Primaria

Bloque 1: Iniciación a la actividad científica

- Aproximación experimental a algunas cuestiones.
- Utilización de diversos materiales, teniendo en cuenta las normas de seguridad.
- Trabajo individual y en grupo.
- Planificación de proyectos y presentación de informes.
- Realización de proyectos.

Bloque 4: Materia y Energía

- Predicción de cambios en el movimiento o en la forma de los cuerpos por efecto de las fuerzas: planos inclinados, muelles, globos, pelotas, esponjas, colchonetas, etc.
- Concepto de energía.
- Diferentes formas de energía.

Bloque 5: Tecnología objetos y máquinas.

- Operadores mecánicos: Plano inclinado, freno, ejes, ruedas, engranajes, poleas, piñones, cadenas, carcasa, motor, programador, interruptor, ventilador, resistencias, termostatos, etc y su utilización en la construcción de un aparato.
- Análisis de operadores y utilización en la construcción de un aparato
- Construcción de estructuras sencillas que cumplan una función o condición para resolver un problema a partir de piezas moduladas

Área: Matemáticas

Primer ciclo: Cursos 1º y 2º de Educación Primaria

Bloque 1: Procesos, métodos y actitudes en matemáticas.

- Planificación del proceso de resolución de problemas del entorno escolar y familiar: comprensión del enunciado, estrategias básicas (experimentación, exploración, analogía, organización, codificación...), y procesos de razonamiento siguiendo un orden en el trabajo, revisión de las operaciones, comprobación de la coherencia de las soluciones...

- Acercamiento al método de trabajo científico mediante el estudio de algunas de sus características (orden) y su práctica en situaciones del entorno escolar y familiar.
- Desarrollo de actitudes básicas para el trabajo matemático: esfuerzo, perseverancia y espíritu de superación, confianza en las propias posibilidades, curiosidad y disposición positiva a la reflexión y expresión de las emociones, interés por la participación en el trabajo cooperativo y en equipo.

Bloque 3: Medida

- Medida de longitudes capacidades y masas utilizando instrumentos habituales del entorno escolar.
- Desarrollo de estrategias para medir longitudes, capacidades y masas.

Bloque 5: Estadística y probabilidad

- Recogida en situaciones de observación, recuento y agrupación de datos en función de un criterio.
- Registro e interpretación de gráficos sencillos (diagramas de barras y pictogramas).

Segundo ciclo: Cursos 3º y 4º de Educación Primaria

Bloque 1: Procesos, métodos y actitudes en matemáticas.

- Planificación del proceso de resolución de problemas del entorno escolar y familiar: comprensión del enunciado, estrategias básicas (experimentación, exploración, analogía, organización, codificación...), y procesos de razonamiento siguiendo un orden en el trabajo, revisión de las operaciones, comprobación de la coherencia de las soluciones...
- Acercamiento al método de trabajo científico mediante el estudio de algunas de sus características (orden) y su práctica en situaciones del entorno escolar y familiar.
- Desarrollo de actitudes básicas para el trabajo matemático: esfuerzo, perseverancia y espíritu de superación, confianza en las propias posibilidades, curiosidad y disposición positiva a la reflexión y expresión de las emociones, interés por la participación en el trabajo cooperativo y en equipo.

Bloque 3: Medida

- Medida de longitudes capacidades y masas utilizando instrumentos habituales del entorno escolar.
- Desarrollo de estrategias para medir longitudes, capacidades y masas.

Bloque 5: Estadística y probabilidad

- Recogida en situaciones de observación, recuento y agrupación de datos en función de un criterio.
- Registro e interpretación de gráficos sencillos (diagramas de barras y pictogramas).

Tercer ciclo: Cursos 5º y 6º de Educación Primaria

Bloque 1: Procesos, métodos y actitudes en matemáticas.

- Planificación del proceso de resolución de problemas del entorno escolar y familiar: comprensión del enunciado, estrategias básicas (experimentación, exploración, analogía, organización, codificación...), y procesos de razonamiento siguiendo un orden en el trabajo, revisión de las operaciones, comprobación de la coherencia de las soluciones...
- Acercamiento al método de trabajo científico mediante el estudio de algunas de sus características (orden) y su práctica en situaciones del entorno escolar y familiar.
- Desarrollo de actitudes básicas para el trabajo matemático: esfuerzo, perseverancia y espíritu de superación, confianza en las propias posibilidades, curiosidad y disposición positiva a la reflexión y expresión de las emociones, interés por la participación en el trabajo cooperativo y en equipo.

Bloque 3: Medida

- Unidades del Sistema Métrico Decimal: longitud, capacidad, masa y superficie.
- Estimación de longitudes, capacidades, masas. Medición de longitudes, capacidades y masas.
- Expresión en forma simple de una medición de longitud, capacidad o masa dada en forma compleja y viceversa.
- Comparación y ordenación de medidas de una misma magnitud (longitud, capacidad, masa o superficie).
- Desarrollo de estrategias para medir longitudes, masas, capacidades y superficies.

Bloque 5: Estadística y probabilidad.

- Recogida y clasificación de datos cualitativos y cuantitativos.
- Construcción de tablas de frecuencias absolutas.
- Iniciación intuitiva a los conceptos de media aritmética, rango, frecuencia y moda.

Área: Educación Artística

Primer ciclo: Cursos 1º y 2º de Educación Primaria

Bloque 1: Educación Audiovisual

- Manipulación de objetos cotidianos.

- Elaboración del trabajo, individual o en grupo, con intencionalidad comunicativa y explorando las posibilidades de materiales e instrumentos.
- Exploración de recursos digitales para la creación de obras artísticas.

Bloque 2: Expresión artística

- Exploración visual y táctil de texturas naturales y artificiales.
- Exploración sensorial de las cualidades y posibilidades de materiales orgánicos e inorgánicos como papel mojado, agua coloreada, barro diluido, arenas, lápices, rotuladores, témperas, ceras o material desechado.
- Disfrute en la manipulación y exploración de materiales.

Segundo ciclo: Cursos 3º y 4º de Educación Primaria

Bloque 1: Educación Audiovisual

- Elaboración del trabajo, individual o en grupo, con intencionalidad comunicativa y explorando las posibilidades de materiales e instrumentos.
- Uso intencionado de la imagen como instrumento de comunicación.
- Indagación sobre el uso artístico de los medios audiovisuales y tecnológicos.
- Iniciación en el uso responsable de los medios audiovisuales y materiales digitales para la búsqueda de información y posterior creación de obras plásticas.
- Valoración de los medios de comunicación y de las tecnologías de la información y la comunicación como instrumentos de conocimiento, producción y disfrute.
- Uso responsable de las tecnologías de la información y la comunicación.

Bloque 2: Expresión artística

- Elaboración de obras utilizando técnicas mixtas de manera individual y/o colectiva. Manipulación y experimentación con todo tipo de materiales (gráficos, pictóricos, volumétricos, tecnológicos, etc.) para concretar su adecuación al contenido para el que se proponen.
- Interés por aplicar a las representaciones plásticas los hallazgos obtenidos.
- Planificación del proceso de producción de una obra: fase de observación-percepción; análisis e interiorización; verbalización de intenciones; elección de intenciones; elección de materiales y preparación; ejecución; valoración crítica.

Tercer ciclo: Cursos 5º y 6º de Educación Primaria

Bloque 1: Educación Audiovisual

- Indagación sobre el uso artístico de los medios audiovisuales y tecnológicos.
- Uso intencionado de la imagen como instrumento de comunicación.
- Valoración de los medios de comunicación y de las tecnologías de la información y la comunicación como instrumentos de conocimiento, producción y disfrute.

- Uso responsable de las tecnologías de la información y la comunicación.

Bloque 2: Expresión artística

- Manipulación y experimentación con todo tipo de materiales (gráficos, pictóricos, volumétricos, tecnológicos, etc.) para concretar su adecuación al contenido para el que se proponen.
- Interés por aplicar a las representaciones plásticas los hallazgos obtenidos.
- Planificación del proceso de producción de una obra: fase de observación-percepción; análisis e interiorización; verbalización de intenciones; elección de intenciones; elección de materiales y preparación; ejecución; valoración crítica.

Anexo 2.

Temporalización y estructuración de la experiencia. Línea del tiempo: Proyecto STEAM tobogán.

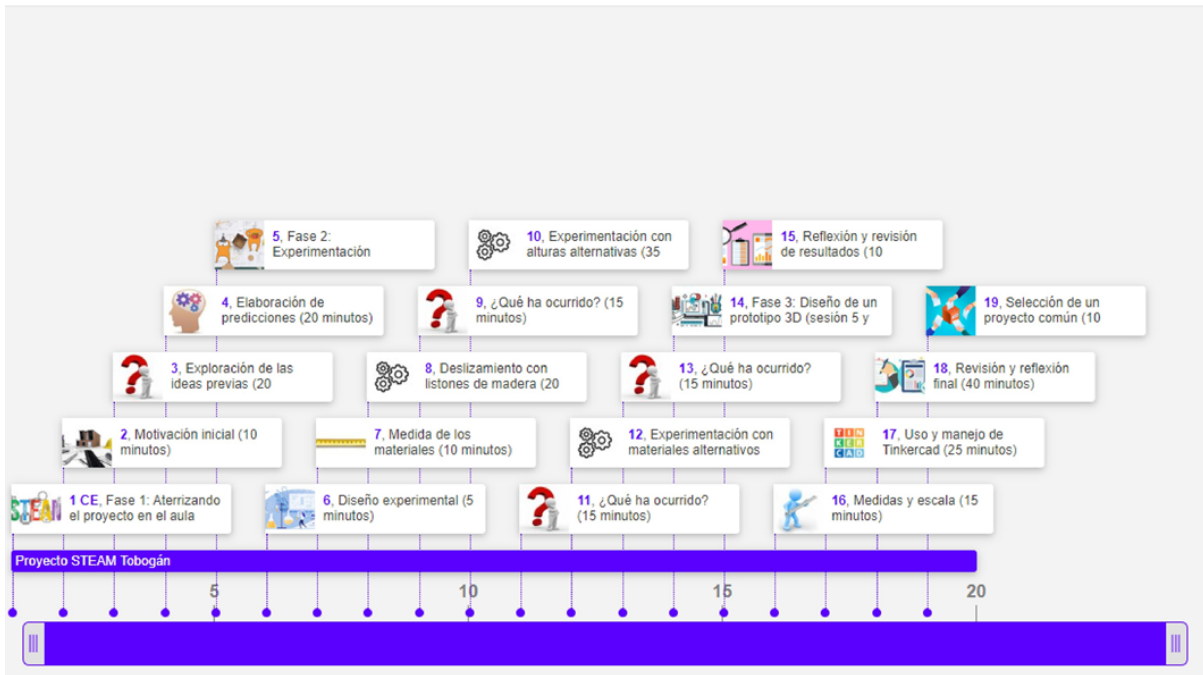


Proyecto STEAM Tobogán

By FuzzyNico22

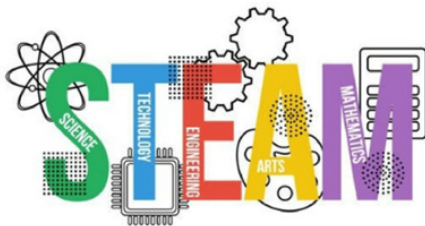
Timeline

List



1 CE

Fase 1: Aterrizando el proyecto en el aula (Sesión 1)



Durante este segmento de la experiencia se proponen una serie de dinámicas, de reflexión grupal, generación de predicciones, diseño experimental, medición y recogida de resultados con las que contextualizar la propuesta STEAM a un aula de Educación Primaria ordinaria

Period: 1 CE to 20

Proyecto STEAM Tobogán

A través de esta línea temporal se estructura y secuencia toda la planificación STEAM, así como las fases que conlleva la actividad de indagación contenida dentro del marco interdisciplinar. Las sesiones están organizadas en función de la estructura propuesta por el contexto STEAM. Cada sesión cuenta con una extensión total de 50 minutos, segmentada en diferentes actividades y dinámicas.

2

Motivación inicial (10 minutos)



Breve introducción motivadora al proyecto, se encamina el interés de los estudiantes hacia la temática propuesta: el diseño y construcción de un tobogán para el patio del colegio. También se indican las especificaciones del proyecto, un tobogán divertido y seguro para todos. Vamos a trabajar en equipos colaborativos de cuatro integrantes, para fomentar las habilidades interpersonales de comunicación y colaboración grupal.

3

Exploración de las ideas previas (20 minutos)



Puesta en común de las ideas que los estudiantes tienen acerca del funcionamiento, diseño y construcción de los toboganes, con el objetivo de conocer las ideas previas de los estudiantes en relación a las partes y variables que afectan a un objeto sobre un plano inclinado. Para hacerlo más visual, pueden dibujar un boceto complementario de su diseño. A partir de esta reflexión inicial se pueden introducir conceptos como alcance, seguridad, altura, pendiente, material de la superficie, etc.

4

Elaboración de predicciones (20 minutos)



Se comparten las ideas y bocetos elaborados por cada equipo. A partir de la reflexión conjunta inicial, se conduce el pensamiento de los estudiantes hacia los objetivos de aprendizaje y paralelamente se definen las variables que entran en juego en la experimentación: longitud de los listones, altura del soporte, superficie de deslizamiento. Teniendo en cuenta estas variables, se define junto con los estudiantes las situaciones que podrían darse.

5

Fase 2: Experimentación (Sesiones 2, 3 y 4)



Desarrollo del proceso de experimentación, dividido en las diferentes fases en las que se estructura, cada una orientada a trabajar unos objetivos de aprendizaje determinados. Cada fase se acompaña de una reflexión posterior, en la que se indica que aprendizaje se consigue, y sirve como hilo conductor del pensamiento hacia la siguiente parte de la experiencia. Se indica el espacio de trabajo y materiales dedicados a cada equipo de trabajo.

6

Diseño experimental (5 minutos)



Ya con una serie de predicciones definidas, teniendo claras las variables que pueden afectar a la construcción del prototipo y unos objetivos (seguridad) bien asentados, se presentan los materiales y comienza el experimento.

7

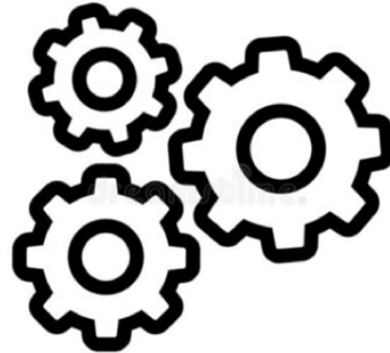
Medida de los materiales (10 minutos)



Para repasar la medición de longitudes, los estudiantes miden la longitud de los listones y la altura del soporte. Apuntan los datos para continuar con la experimentación.

8

Deslizamiento con listones de madera (20 minutos)



Con la altura base del listón, se realizan pruebas en cada uno de los listones para comprobar el alcance del objeto de prueba.

9

¿Qué ha ocurrido? (15 minutos)



A modo de reflexión posterior los estudiantes reflexionan sobre lo que ha ocurrido, tratando de buscar una explicación a los resultados de la experiencia. Con ayuda del docente, se pueden introducir explicaciones y conducir el pensamiento de los estudiantes a los objetivos planteados: el alcance no depende de la inclinación, puesto que se obtiene el mismo alcance con las diferentes longitudes de cada uno de los listones utilizados. Una vez concluida la reflexión se proponen nuevos interrogantes.

10

Experimentación con alturas alternativas (35 minutos)



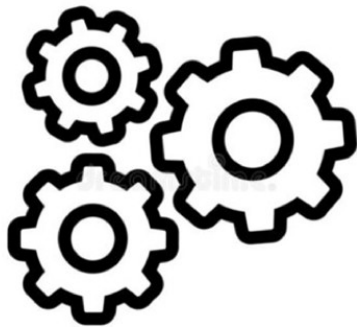
De nuevo se experimenta con listones neutros y de diferente longitud, pero esta vez variando las alturas para observar los cambios en el alcance del objeto de pruebas.

11

¿Qué ha ocurrido? (15 minutos)

A modo de reflexión posterior los estudiantes reflexionan sobre lo que ha ocurrido, tratando de buscar una explicación a los resultados de la experiencia y comparando con los obtenidos en la fase previa de experimentación. Con ayuda del docente, recapitulamos con ellos, ¿habéis visto? Es casi lo mismo que antes, el alcance para cada altura es el mismo. Pero ¿y si comparamos con lo que nos ha salido antes? ¿el alcance ha cambiado? Una vez concluida la reflexión se proponen nuevos interrogantes.

12

Experimentación con materiales alternativos (35 minutos)

Se experimenta con las alturas y listones que cada equipo de trabajo considere apropiados hasta el momento. Se introduce la variable "material de la superficie de deslizamiento" a través de cuestiones como ¿Esto es así siempre? Y si en lugar de usar madera hubiéramos usado otro material ¿habría salido lo mismo? De esta manera conducimos el trabajo de los estudiantes a comprobar cómo influye en el alcance del objeto de pruebas.

13

¿Qué ha ocurrido? (15 minutos)

A modo de reflexión posterior los estudiantes reflexionan sobre lo que ha ocurrido, tratando de buscar una explicación a los resultados de la experiencia y comparando estos con los resultados obtenidos en las dos fases previas de la experimentación. Con ayuda del docente, se pueden introducir interrogantes con los que recuperar y sintetizar lo observado. De esta manera conducimos el pensamiento de los estudiantes, ayudándoles a generalizar y sintetizar los resultados que han ido obteniendo.

14

Fase 3: Diseño de un prototipo 3D (sesión 5 y 6)



A partir de los resultados obtenidos en las tres fases de experimentación y de las conclusiones extraídas en cada puesta en común (altura, alcance, energía, inclinación, que los objetos según el material de la superficie se frenan más, que sea seguro, etc...), se propone el diseño grupal de un prototipo 3D con medidas adaptadas a la vida real.

15

Reflexión y revisión de resultados (10 minutos)



Partiendo de los resultados obtenidos en cada una de las fases de la experimentación, comprobando de qué manera influyen las variables de longitud (pendiente), altura y superficie de deslizamiento en el alcance del objeto de pruebas, se recupera con los estudiantes las conclusiones extraídas de la experiencia. A partir de las observaciones realizadas, datos recogidos y conclusiones extraídas a partir de la puesta en común se proporcionan una serie de pautas que pueden contribuir al diseño.

16

Medidas y escala (15 minutos)



Entran en juego contenidos matemáticos (medición de longitudes y conversión de unidades en la aplicación de escalas) y contenidos artísticos, mediante la utilización de un software de diseño 3D para la creación de prototipos. Medición de las partes de la maqueta construida como resultado de la experimentación (altura y listón). Aplicación de escala para obtener medidas apropiadas a la vida real. Retomamos lo que se ha comentado en las primeras fases del proyecto sobre el diseño de maquetas.

17

Uso y manejo de Tinkercad (25 minutos)



Tinkercad es un software de diseño 3D que permite crear estructuras y objetos a partir de formas geométricas sencillas. Esta fase comienza con una breve introducción a las herramientas y posibilidades que ofrece el software, especialmente las destinadas a medir formas y objetos. Aplicación de las medidas y escalas a partir de las herramientas de regla y calibre para la construcción exacta del prototipo.

18

Revisión y reflexión final (40 minutos)



Todos los proyectos grupales se presentan y se valoran de forma conjunta. se comparan los modelos, y se usa la actividad para trasladar lo que hemos aprendido diseñando la actividad, es decir, lo usamos como sesión de reflexión final, de lo aprendido, lo visto, y lo que condiciona el diseño final del proyecto.

19

Selección de un proyecto común (10 minutos)



Finalmente se escoge uno que representará el trabajo de todo el grupo-clase. Para garantizar la participación activa de todos los estudiantes en este proyecto, cada grupo puede realizar comentarios, valoraciones y modificaciones con las que contribuir y mejorar el proyecto. Al fin y al cabo, es un proyecto de grupo.

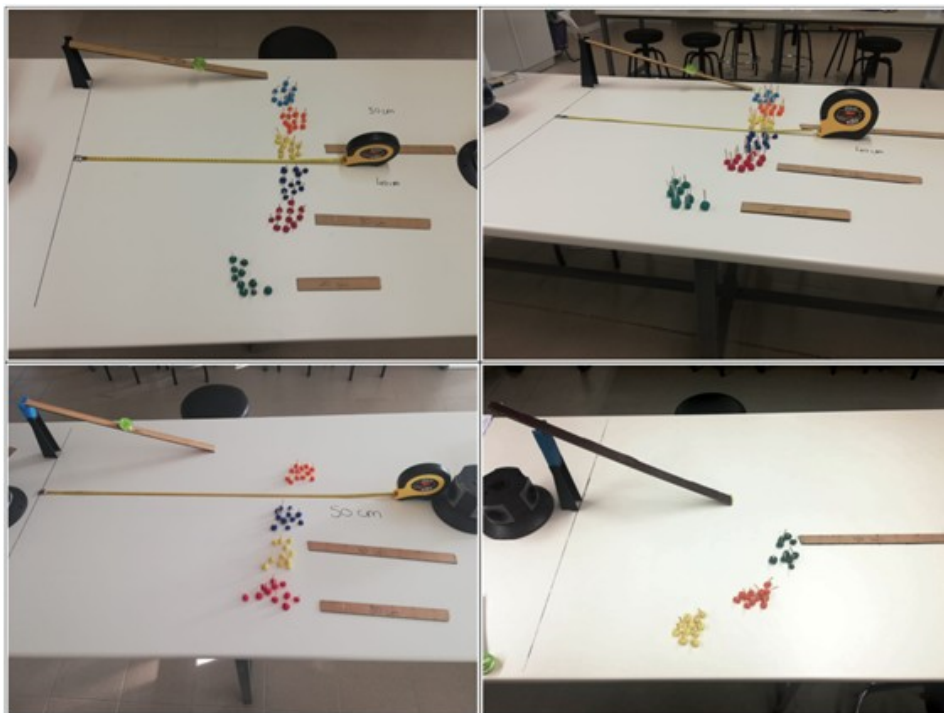
Anexo 3.

***Resultados obtenidos de la experimentación en
laboratorio.***

Diseño de la actividad experimental

Se han realizado un grupo de experiencias para comprobar los materiales a utilizar en el aula y los resultados que pueden obtenerse a partir de dichos materiales. La propuesta final ha sido trabajar con listones de 20, 30, 40, 50 y 60 cm y altura de 15, 20 y 25 cm. El material elegido en origen ha sido madera que no presenta apenas rozamiento, y se han utilizado como materiales de variación de la superficie papel de aluminio, papel de lija, papel absorbente de cocina, un paño y papel film de cocina. De ellos se han seleccionado los resultados obtenidos con madera y alturas de 15, 20 y 25 cm, longitud de listones variable (en función de si botaba el móvil o se desplazaba paralelo a la superficie tanto de la rampa como de la mesa de laboratorio). De los materiales se han seleccionado madera, papel de lija y aluminio, aunque estos últimos presentan resultados similares.

Para facilitar la observación se ha realizado la medida del alcance en la mesa para cada grupo de experimentos al finalizar cada altura de soporte. De esta forma se pueden observar todos los resultados para cada altura del tobogán de forma conjunta. Se realizó la experimentación y se midió al finalizar la actividad.

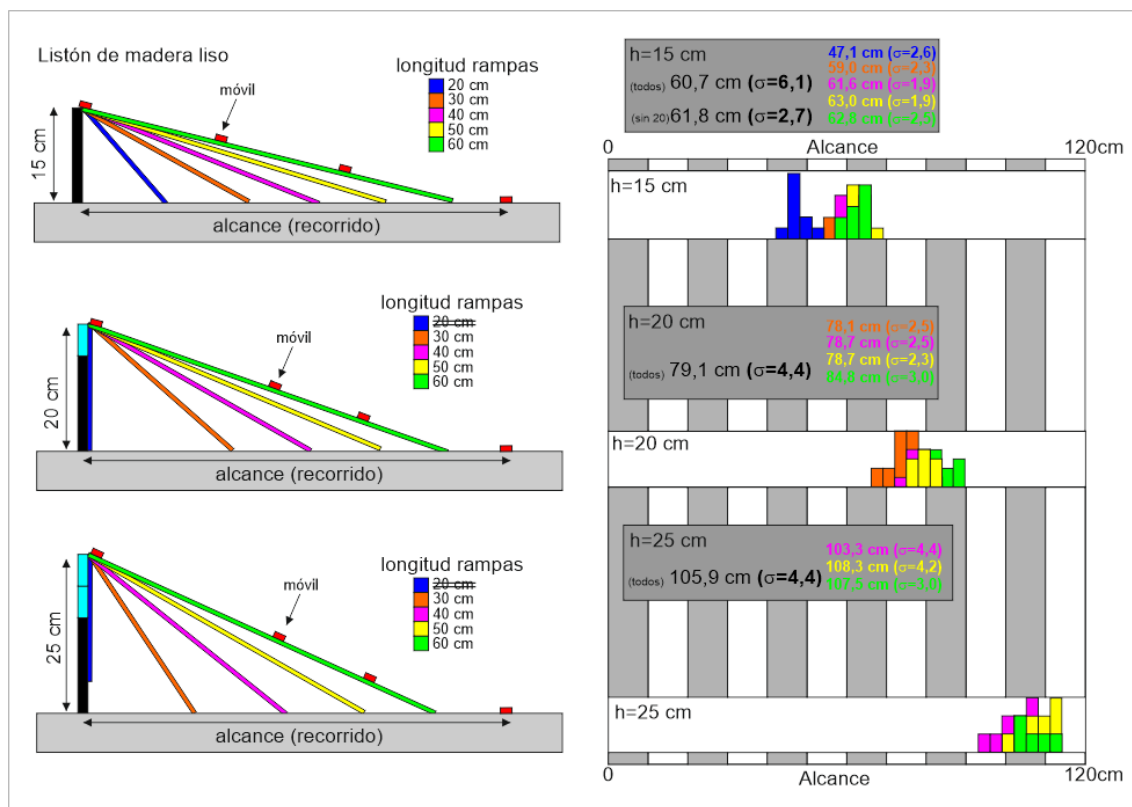


Fotografías obtenidas durante la experimentación, arriba con origen altura 15 cm y resultados del alcance obtenido, abajo para altura de 20 y 25 cm, caso de la derecha con el papel de lija superpuesto a la rampa.

Los resultados obtenidos se han analizado desde el punto de vista estadístico, por un lado para representar los resultados de los distintos experimentos realizados, como también para determinar el rango de variabilidad de las medidas y la diferenciación al cambiar las variables utilizadas en el experimento.

Actividad con listones de madera, cambiando la altura de 15, 20 y 25 cm

El primero de los experimentos realizados ha sido utilizar distintos listones del mismo material (madera) y dejar deslizarse el sacapuntas por la rampa para 5 longitudes de rampa distinta.



Resultados obtenidos del primer grupo de ensayos (listones de madera). Se incluyen las pendientes obtenidas de utilizar distintos listones para cada una de las alturas de origen. A la derecha se incluye el alcance con representación de histograma, se incluyen también los valores de alcance y desviación media de los resultados obtenidos para cada lanzamiento. Arriba (altura 15 cm), intermedio (20 cm), inferior (25 cm). Se representan a la misma escala los histogramas de alcance para poder observar cómo se produce un cambio progresivo con la altura e identificable a partir de la experimentación realizada.

En el caso de la altura 1 (15 cm) se identifica que el listón de longitud 20 cm no permite desplazamiento homogéneo en la rampa y bota sobre la superficie de la mesa.

Este resultado lo excluimos de la actividad, además sale un valor ligeramente inferior de alcance en la mesa. El resto de experimentos con varias longitudes de rampa da resultados casi iguales, entre 59 y 62 cm de alcance.

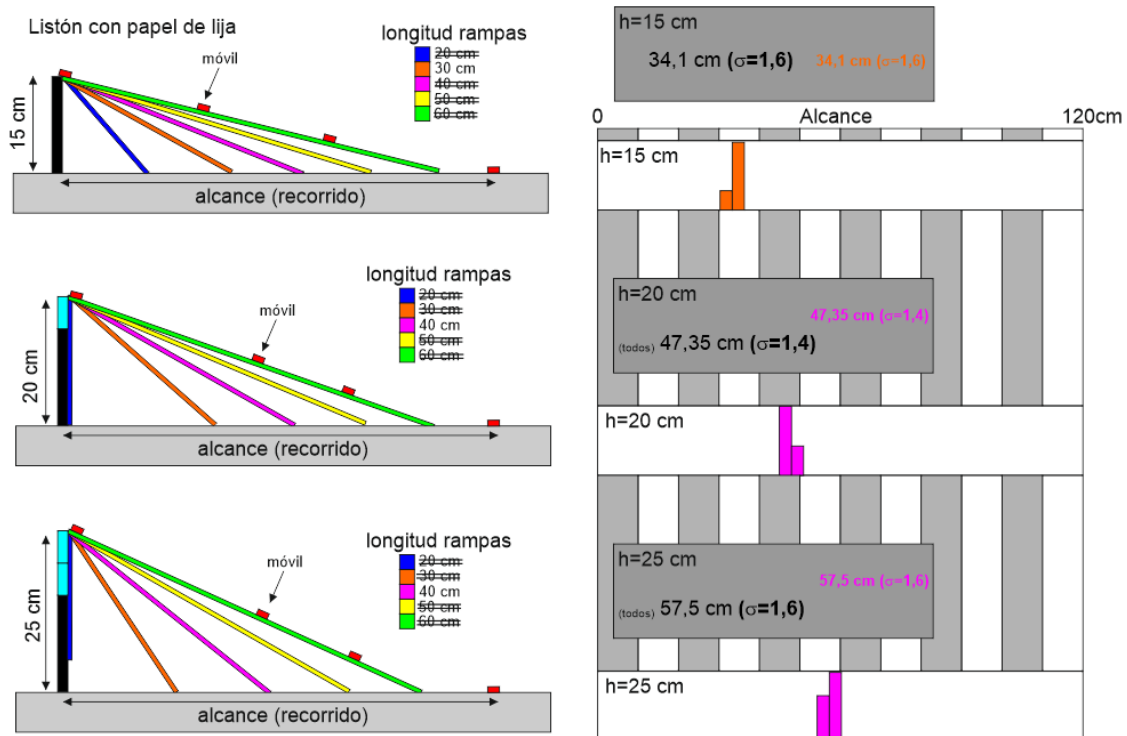
Los resultados obtenidos con la altura 2, reiteran el problema observado con el listón de 20 cm, en este caso, sin apenas desplazamiento y con botes fuera de la zona de estudio. Estos datos se han excluido, el resto de listones ofrece valores entre 78 y 84 cm. Valores que presentan una mayor variabilidad, pero que son distinguibles respecto a la medida realizada desde 15 cm.

En el caso de la medida realizada desde la altura 3 (25 cm) no sólo excluimos el listón de 20 cm, sino también el de 30 cm, en ambos casos se produce un impacto al terminar la rampa que hace que no se deslice (en estos casos, se plantea desarrollar en el aula el concepto de seguridad para poder excluir estos resultados). Los datos obtenidos presentan valores en 103 y 108 cm, valores claramente superiores a los obtenidos en el caso de altura 20 cm, por lo que se pueden discriminar en la observación.

Actividad con listones de madera recubiertos de papel de lija, cambiando la altura de 15, 20 y 25 cm

En el caso de la actividad recubriendo el listón con papel de lija, el número de observaciones disminuye puesto que en muchos de los listones, no hay desplazamiento porque el rozamiento de la superficie impide el deslizamiento del objeto a lo largo de la superficie. El uso de papel de laboratorio, papel absorbente, tela y papel film sobre los listones ofreció las mismas limitaciones que el papel de lija.

En el caso del papel de lija sólo ha podido realizarse medida de un único listón en cada experimento realizado. Se identifica que se produce un ascenso del alcance con la altura de partida pero se hace complicado poder comparar resultados entre medidas para la misma altura y distintos listones.

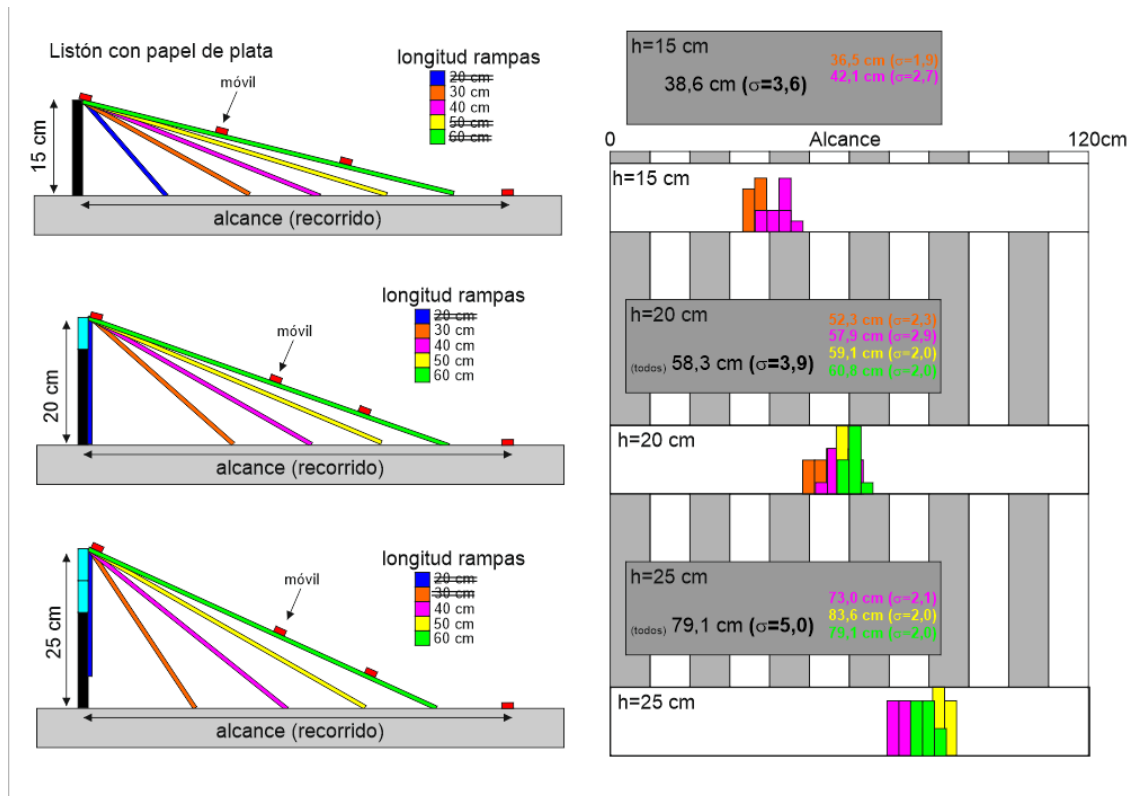


Resultados obtenidos del tercer grupo de experimentos (listones recubiertos con papel de lija). Se incluyen las pendientes obtenidas de utilizar distintos listones para cada una de las alturas de origen. A la derecha se incluye el alcance con representación de histograma, se incluyen también los valores de alcance y desviación media de los resultados obtenidos para cada lanzamiento. Arriba (altura 15 cm), intermedio (20 cm), inferior (25 cm). Se representan a la misma escala los histogramas de alcance para poder observar cómo se produce un cambio progresivo con la altura e identificable a partir de la experimentación realizada.

Actividad con listones de madera recubiertos de papel de aluminio, cambiando la altura de 15, 20 y 25 cm

La propuesta de realización del cubrimiento de la superficie del listón con papel de aluminio ofreció mejores resultados con posibilidad de comparar resultados para el mismo listón y medida. Los resultados confirman lo obtenido en el primer bloque de actividades, con alcances similares con altura de origen igual, y aumento del alcance paralelo al incremento de la altura de salida (altura del tobogán) en los distintos resultados. Como se identifica en el gráfico con histogramas, la diferencia entre medidas se puede realizar de forma sencilla a partir de las medidas realizadas que pueden realizar los estudiantes.

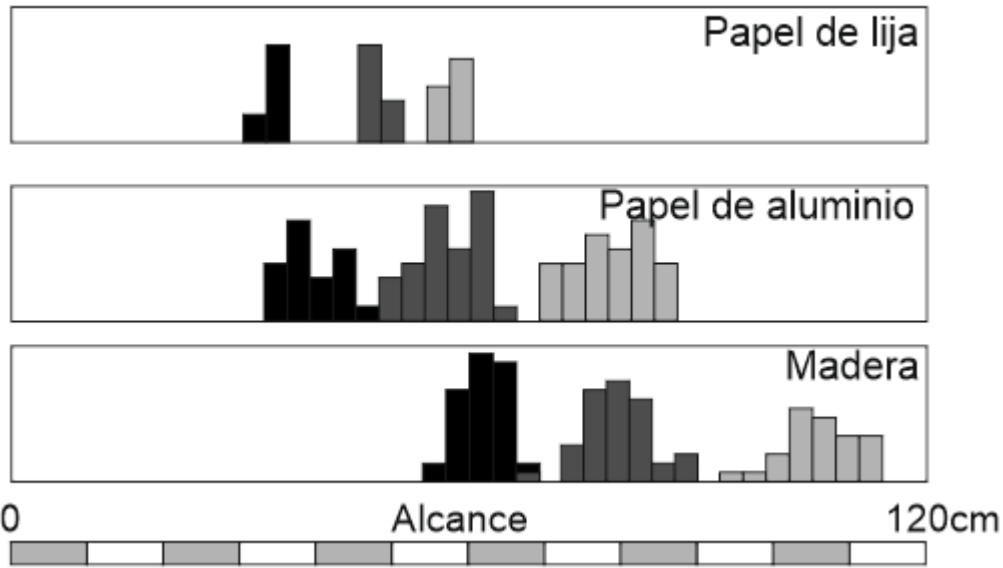
Por otro lado la construcción del experimento incorporando el papel de aluminio sobre los listones es mucho más sencilla que en otros materiales, se puede realizar directamente sobre el listón de madera, o si interesa se puede sujetar con un poco de celo.



Resultados obtenidos del tercer grupo de experimentos (listones de madera recubiertos de papel de aluminio). Se incluyen las pendientes obtenidas de utilizar distintos listones para cada una de las alturas de origen. A la derecha se incluye el alcance con representación de histograma, se incluyen también los valores de alcance y desviación media de los resultados obtenidos para cada lanzamiento. Arriba (altura 15 cm), intermedio (20 cm), inferior (25 cm). Se representan a la misma escala los histogramas de alcance para poder observar cómo se produce un cambio progresivo con la altura e identificable a partir de la experimentación realizada.

Resultados comparados de la experimentación

La comparación de los resultados obtenidos permite identificar por un lado que la altura de salida del tobogán produce un cambio en el alcance recorrido por el móvil en la mesa, y que dichas diferencias pueden ser medidas en el laboratorio de forma sencilla. Por otro lado, la comparación entre la madera y los materiales recubiertos también muestra diferencias entre madera y papel de lija o aluminio, que permite medir e identificar que el cambio del material de la superficie hace cambiar el alcance. Los resultados entre papel de lija y aluminio recomiendan usar papel de aluminio por permitir hacer medidas con varios listones distintos, y porque es más sencillo de construir en el laboratorio (recubrir la superficie de la rampa previa con otro material). El uso de la misma rampa permite generalizar también que es el cambio de la superficie el que afecta, y no el cambio de listón.

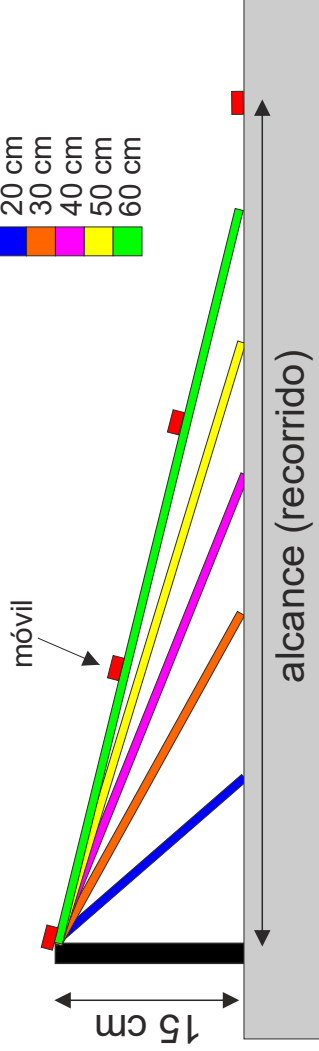
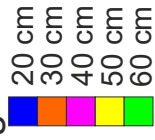


Resultados obtenidos para cada uno de los materiales y alturas. Se identifica que la diferencia entre las alturas de salida 15, 20 y 25 cm es distinguible, y también es diferente para los materiales utilizados.

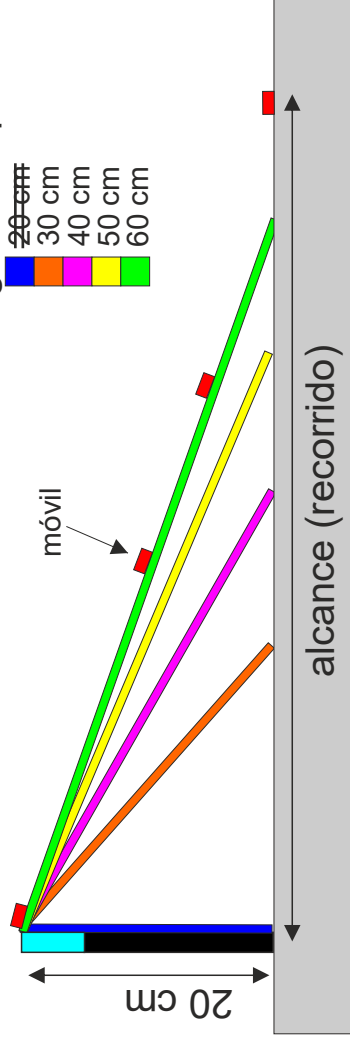
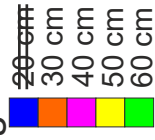
Se incluyen en las siguientes páginas las fichas de los resultados obtenidos en detalle en las principales actividades realizadas.

Listón de madera liso

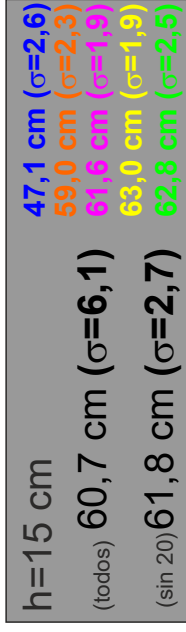
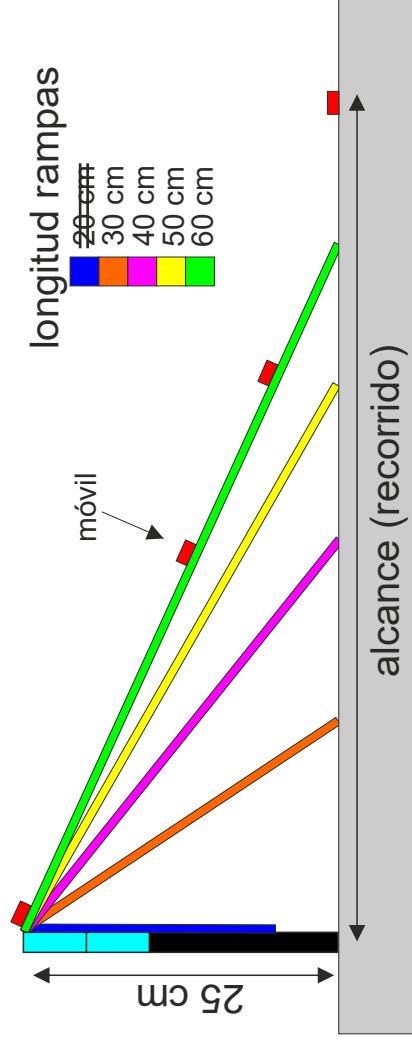
longitud rampas



longitud rampas

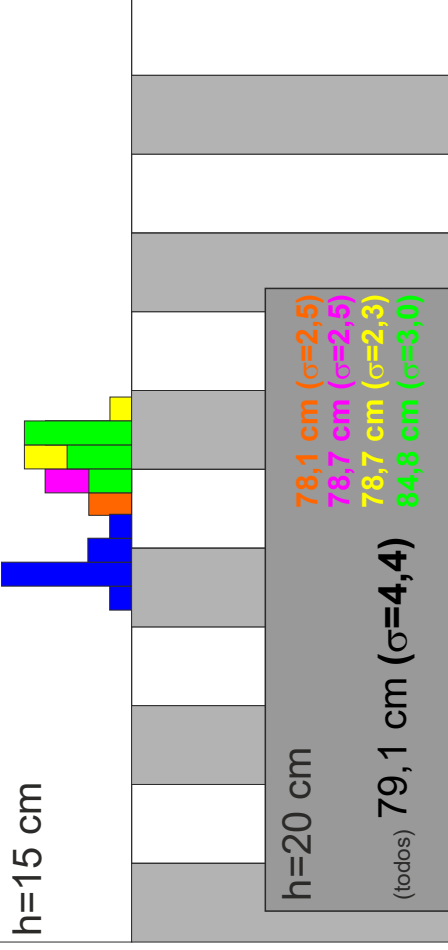


longitud rampas

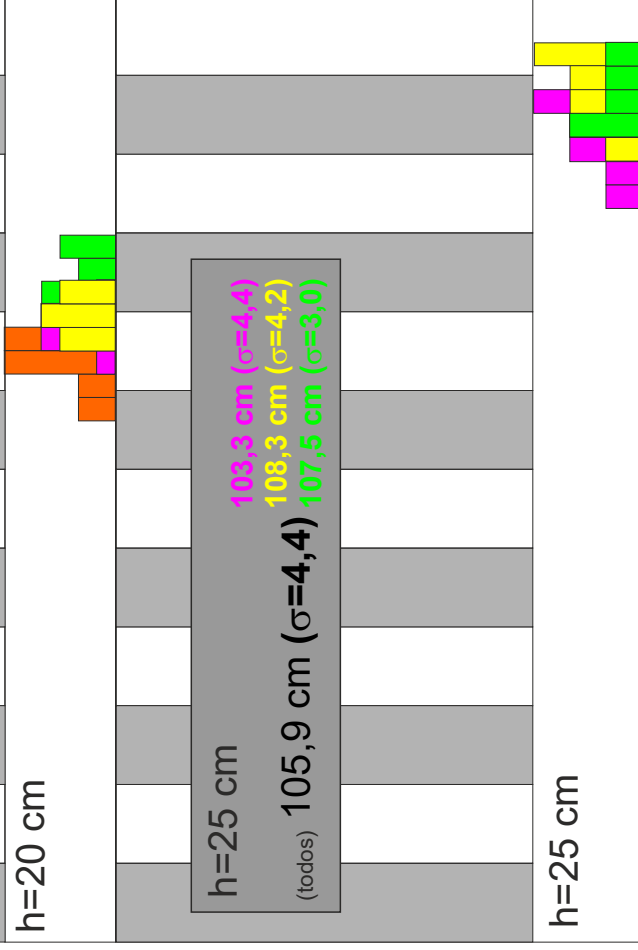


0 Alcance 120cm

h=15 cm



h=20 cm

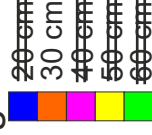


h=25 cm

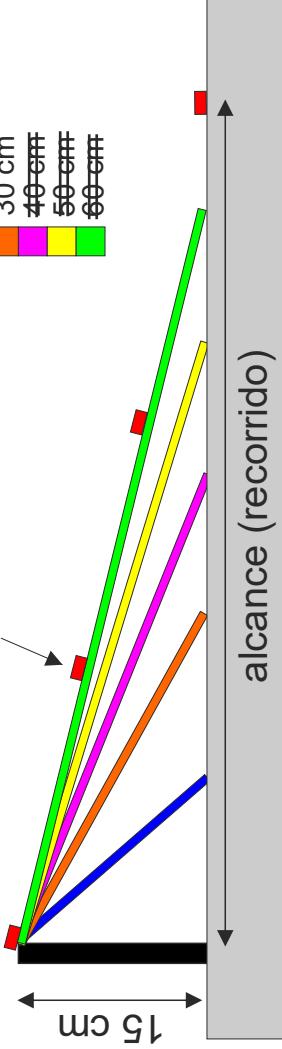
0 Alcance 120cm

Listón con papel de lija

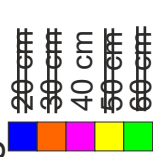
longitud rampas



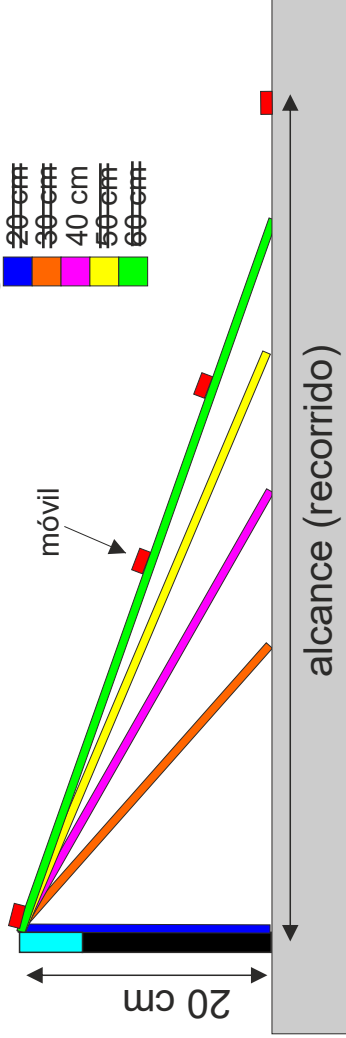
móvil



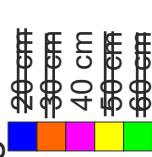
longitud rampas



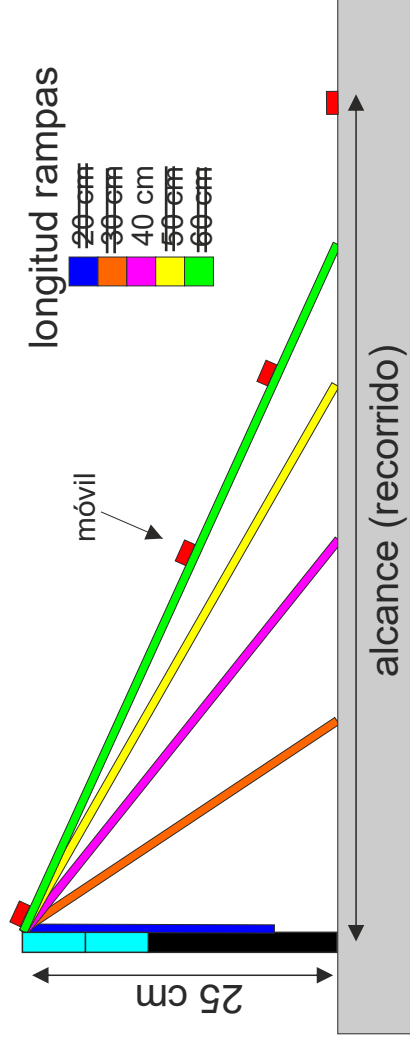
móvil



longitud rampas



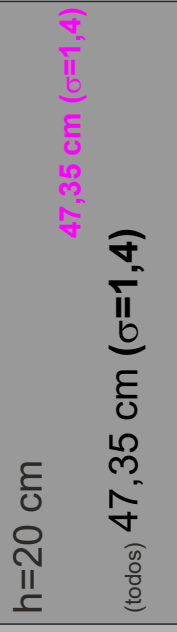
móvil



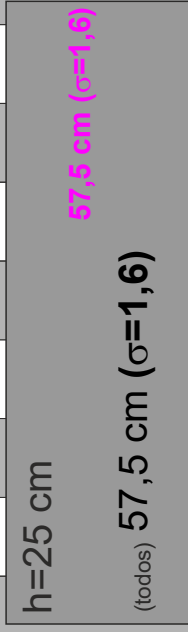
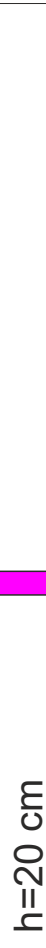
Alcance



$h=15\text{ cm}$



$h=20\text{ cm}$

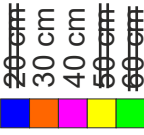


$h=25\text{ cm}$

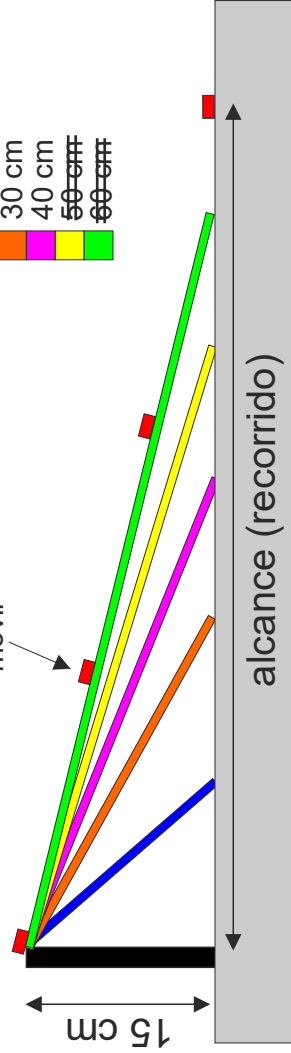


Listón con papel de plata

longitud rampas



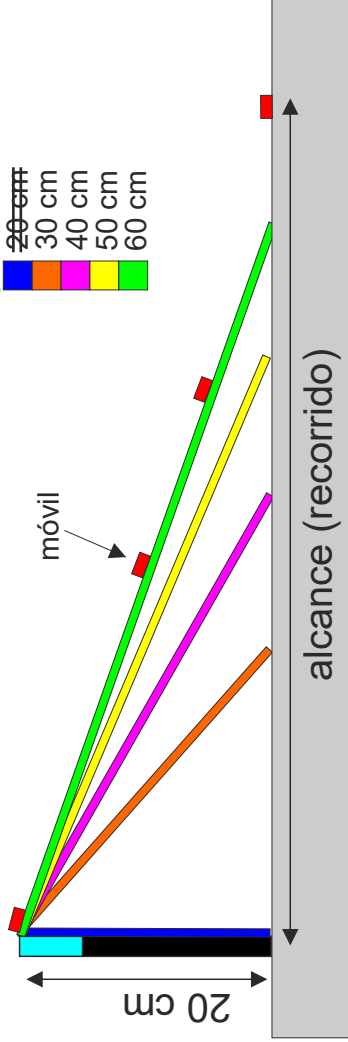
móvil



longitud rampas



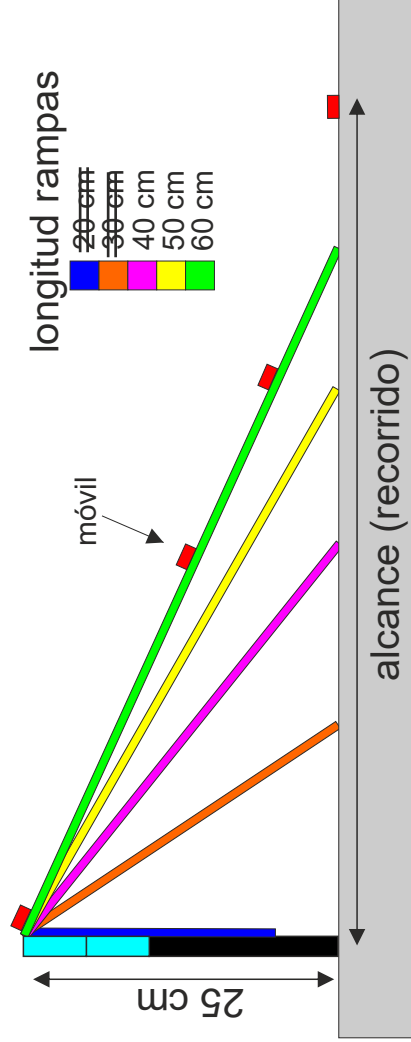
móvil



longitud rampas



móvil



Alcance

h=15 cm

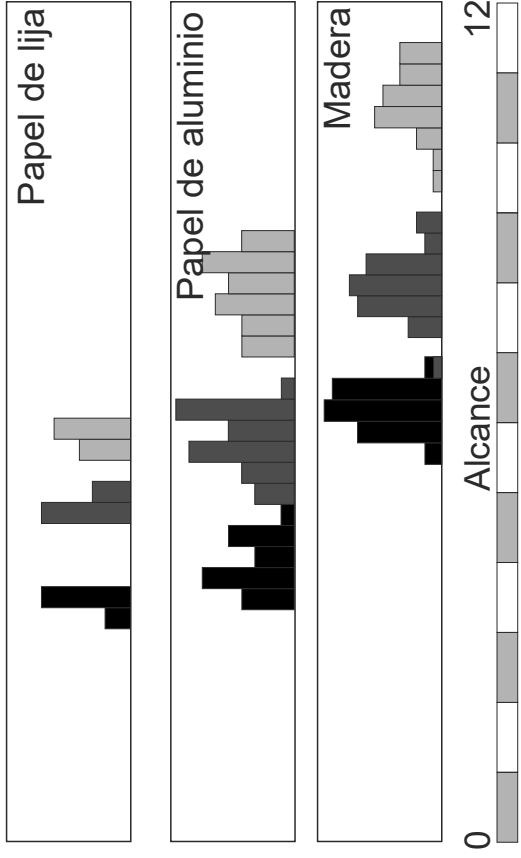
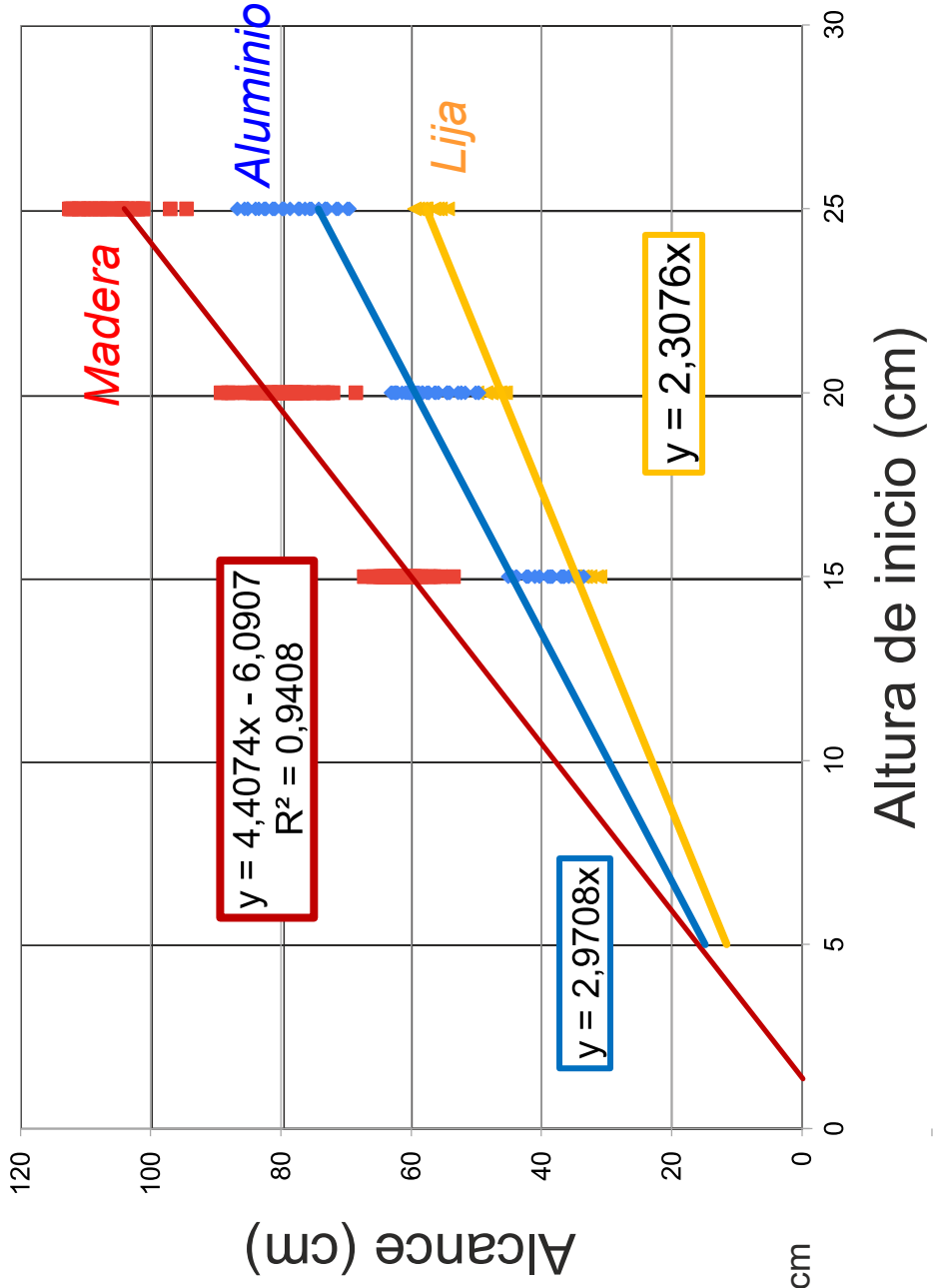


h=20 cm



h=25 cm





Anexo 4.

Guión del estudiante.

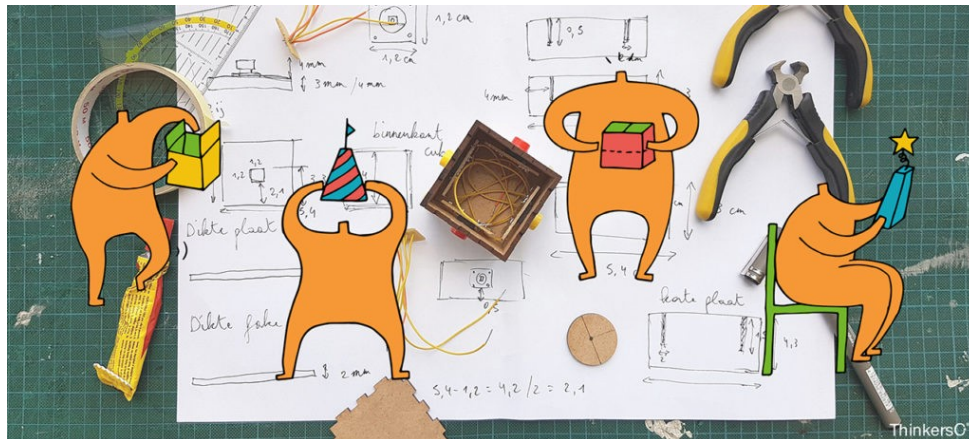
CUADERNO DE LABORATORIO



Nombre del equipo:

Nombre de los miembros del equipo:

¡Buenos días chicos y chicas! Vengo con un encargo muy especial del colegio y voy a necesitar vuestra ayuda para poder hacerlo. Nos han encargado diseñar un tobogán para nuestro patio, entonces he pensado ¿por qué no trabajamos el diseño en clase? ¡Seguro que entre todos conseguimos muy buenas ideas para que el tobogán sea divertido y seguro! Así que ¿qué os parece si lo intentamos?



Lo primero de todo ¿qué necesitamos para construir un tobogán? ¿Cómo lo construimos? Como veo que a unos cuantos se os están ocurriendo ideas y otros estáis un poco más pensativos, vamos a consultar con nuestros compañeros y compañeras de grupo e intentamos ver que se nos ocurre juntos.

¿Cómo sería el tobogán? Dibujad a ver qué se os ocurre

Bueno, hemos visto diseños muy diferentes, más altos y más bajos, más cortos y más largos, más inclinados y menos inclinados... ¿pero cómo sabemos si funcionarían como tobogán para que sea divertido y seguro? Pensad que esto es solo un dibujo, no podemos ver como se deslizan los niños y cómo llegan al suelo. Cuando los ingenieros quieren construir un puente,

o los arquitectos un edificio, no lo construyen directamente y van probando cómo quedaría. Para ver si su diseño funciona, construyen una maqueta, un modelo del proyecto a tamaño reducido, pero con exactamente las mismas proporciones que el diseño original.



Os propongo... ¿por qué no construimos un modelo con piezas más pequeñas y vemos cual funcionaría mejor?

Veréis que cada grupo tiene su propio espacio de trabajo, con un soporte de plástico para la base del tobogán, cinco listones de madera, un sacapuntas (que os puede servir como objeto de pruebas para comprobar que el tobogán funciona) y un metro. ¿Os acordáis del metro no? Nos sirve para medir la longitud. Por ahora, nos va a servir para medir la altura del soporte y la longitud de los listones.



Apuntad estos datos en la tabla, así podemos ir organizando el experimento. Acordaros de medir en centímetros, así será más fácil comprobar y compartir los resultados.

Altura:

Listón 1:

Listón 2:

Listón 3:

Listón 4:

Listón 5:

¡Comenzamos el experimento! ¿Qué necesitamos para que el sacapuntas baje por el tobogán? ¿Si lo empujamos a lo largo de la rampa, qué estamos haciendo? ¿Si lo soltamos en la parte de arriba de la rampa, qué esperamos que pase? Apoyad por turnos los listones sobre el soporte para subir el sacapuntas hasta lo alto del tobogán y dejadlo deslizar para ver que distancia alcanza con cada listón ¿Qué ocurre? ¿Hasta dónde ha llegado? ¿Qué rampa habéis usado? ¿Hasta dónde ha llegado? ¿Os ha salido a todos igual?

Como somos científicos, tenemos que comprobar las medidas varias veces, así nos aseguramos de tener un resultado del que nos podamos fiar. Os recomendaría que probarais por lo menos cinco o seis veces con cada listón.

Para acordarnos de que distancias recorre el sacapuntas, podéis colocar una bolita de plastilina con un palillo clavado, como si fuera una banderita, en el lugar que se haya quedado. ¡Importante! Dejad todas las bolitas en la mesa para que podáis comparar las distancias que recorre el sacapuntas con cada listón, y tened cuidado de que no se choque el sacapuntas con las bolitas que dejéis cuando vayáis a deslizar de nuevo.

Altura:					
Longitud	Listón 1:	Listón 2:	Listón 3:	Listón 4:	Listón 5:
Alcance	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____

¡Muy bien! Ahora que ya hemos visto donde llega el sacapuntas con cada listón, tenemos que preguntarnos... ¿Qué ha ocurrido? ¿Hasta dónde han llegado? ¿Os ha salido lo mismo a todos?

Podéis apuntar y dibujar lo que habéis observado en este espacio.

Después de haber visto los resultados con los cinco listones ¿qué pasará si hacemos el tobogán más alto? En cada mesa encontraréis dos piezas con las que aumentar la altura del soporte del tobogán. Antes de hacer pruebas con ellas, os recomendaría medir la altura que alcanza el soporte con cada una de ellas.



¿Qué ha pasado con la altura 2? ¿Y con la altura 3?

Altura nº2:					
Longitud	<i>Listón 1:</i>	<i>Listón 2:</i>	<i>Listón 3:</i>	<i>Listón 4:</i>	<i>Listón 5:</i>
Alcance	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
Altura nº3:					
Longitud	<i>Listón 1:</i>	<i>Listón 2:</i>	<i>Listón 3:</i>	<i>Listón 4:</i>	<i>Listón 5:</i>
Alcance	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____

¿Qué tienen en común las distintas alturas? ¿Qué es diferente entre las distintas alturas? ¿Qué ha pasado con el alcance? ¿Y con la seguridad? ¿Cuándo llega más lejos el sacapuntas?

Podéis apuntar y dibujar lo que habéis observado en este espacio.

Hemos comprobado qué ocurre cuando cambiamos la longitud del tobogán, cambiamos la altura, y qué alcance se obtiene en cada caso. Pero cuando construyamos el tobogán, ¿lo

haremos con el mismo material? ¿Cambiarán los resultados si en lugar de madera usamos otro material? ¿Y si lo pintamos o le pegamos cosas, ocurrirá lo mismo?



Altura n°1:					
Material de la superficie:					
Longitud	<i>Listón 1:</i>	<i>Listón 2:</i>	<i>Listón 3:</i>	<i>Listón 4:</i>	<i>Listón 5:</i>
Alcance	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
Altura n°2:					
Material de la superficie:					
Longitud	<i>Listón 1:</i>	<i>Listón 2:</i>	<i>Listón 3:</i>	<i>Listón 4:</i>	<i>Listón 5:</i>
Alcance	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
Altura n°3:					
Material de la superficie:					
Longitud	<i>Listón 1:</i>	<i>Listón 2:</i>	<i>Listón 3:</i>	<i>Listón 4:</i>	<i>Listón 5:</i>
Alcance	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____

¿Qué ha ocurrido? Contadme lo que os ha pasado a ver si ha salido algo interesante.

Podéis apuntar y dibujar lo que habéis observado en este espacio.

Ahora que ya tenemos todos los resultados, y sabemos cómo afecta la altura, la longitud y los materiales de la superficie, ya sabemos qué tenemos que analizar cuando diseñemos nuestro tobogán.

Los ingenieros y arquitectos, cuando ya tienen la idea de cómo hacerlo, y tienen la maqueta, tienen que hacer un diseño en el ordenador para que el constructor tenga toda la información de cómo tiene que hacer el tobogán. Como diseñadores del tobogán tenemos que darle todas las instrucciones al constructor, y vamos a utilizar TinkerCad.



TinkerCad es un programa con el que podemos diseñar objetos y estructuras a partir de formas simples. Vamos a ver un poco como funciona y así podemos manejarlo sin problema. Ya veréis que es muy sencillo, no os va a costar nada pillarlo.

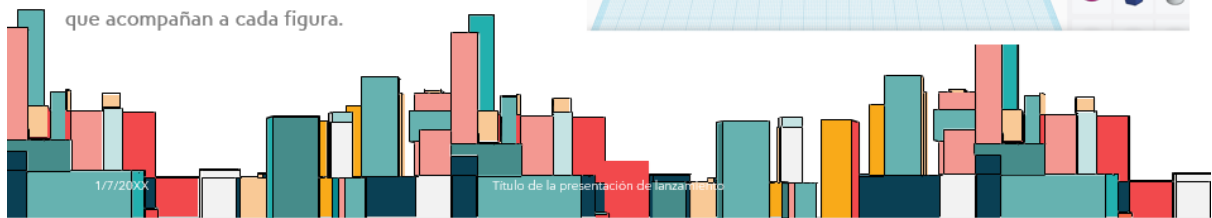
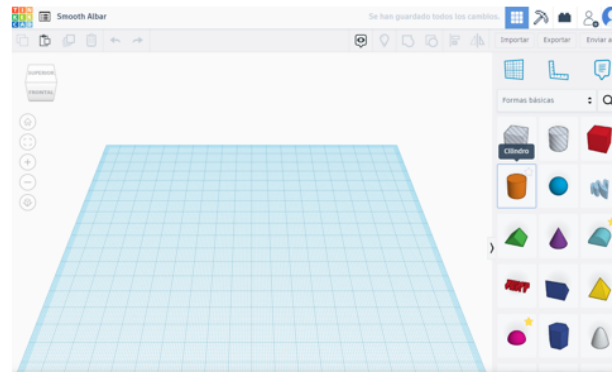
¿CÓMO SE UTILIZA?

Creamos una cuenta e iniciamos sesión.

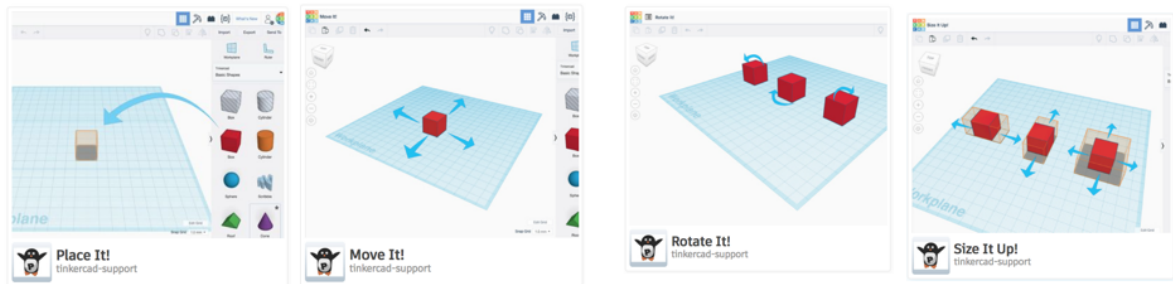
Podemos crear diseños sin límite y usar todas las herramientas.

Arrastra los bloques de construcción o las figuras que quieras utilizar desde la barra de herramientas hasta el plano de trabajo.

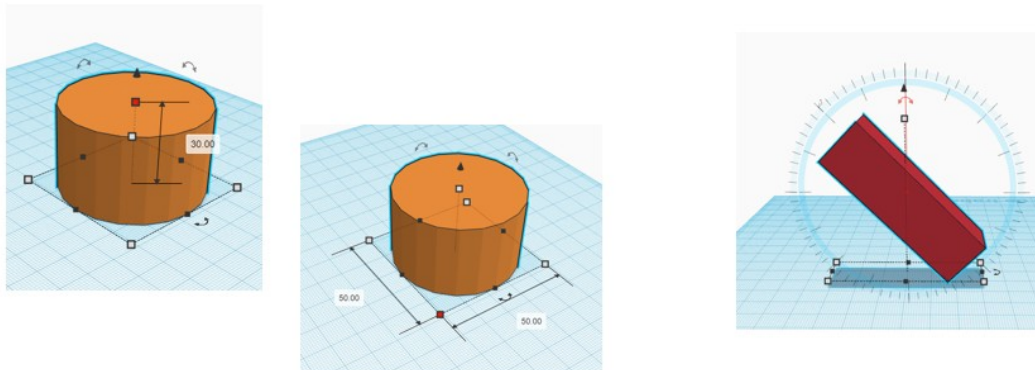
Mueve, gira y ajusta el tamaño de las formas en el espacio de trabajo a través de los puntos azules que acompañan a cada figura.



CREACIÓN Y EDICIÓN DE FORMAS



HERRAMIENTAS: REGLA Y ROTACIÓN



1/07/20XX

¡Pero cuidado! Tenemos que medir muy bien y pensar de qué tamaño queremos que sea nuestro tobogán, así que... no vale dibujar cualquier cosa sin pensar, recordad lo que hemos hablado antes de las maquetas y las construcciones en la vida real, tenemos que adaptar las medidas de nuestra maqueta a las dimensiones que queremos que tenga en el patio del colegio.



Recordad que el tobogán tenía que ser divertido y seguro, pensad que altura y longitud habéis escogido, cuál os daba mejores resultados y por qué la queréis incorporar al diseño final. Cuando terminéis de diseñar vuestro prototipo, un representante de cada grupo mostrará al resto de compañeros y compañeras vuestro diseño, explicando por qué habéis escogido esa altura, longitud y material para construir el tobogán.

Podéis apuntar ideas, bocetos y dibujos sobre vuestro diseño aquí.

Llegó la hora de escoger el proyecto que vamos a presentar todo el grupo de forma conjunta. Para elegirlo, vamos a analizar los proyectos de todos los equipos. De nuevo os recuerdo, que además de divertido ¡tiene que ser seguro!

Para ello vamos a hacer una cosa, vamos a votar qué prototipo nos ha resultado más interesante, y que cada grupo añada ideas y mejoras para conseguir un diseño final en el que todos hayamos puesto nuestro granito de arena ¿Os parece?

Podéis apuntar y dibujar ideas sobre los diseños aquí.

Anexo 5.

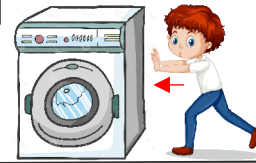
Propuesta de evaluación.

1. El papá de Nico tiene que mover la lavadora a otra habitación que está a otra altura, ¿Cómo moverías la lavadora?

rellena aquí

2. El papa de Nico ha pensado varias formas de hacerlo ¿Qué crees que pasará en las siguientes formas de mover la lavadora?

rellena aquí



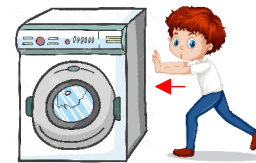
FORMA 1

rellena aquí



FORMA 2

rellena aquí



FORMA 3

rellena aquí



FORMA 4

3. ¿Cuál sería según tu opinión la mejor forma de hacerlo?
¿Cuál te costaría más, y menos?

rellena aquí

4. Nico le ha dicho que si en lugar de empujarla por el suelo, pone madera o papel de lija debajo de la lavadora, el movimiento será diferente, ¿cuál costará mover más, cuando empujamos la lavadora sobre una pieza de madera, o cuando empujamos la lavadora sobre papel de lija?

rellena aquí

5. El papá de Nico tiene dudas de cómo hacerlo, ¿cómo le explicarías cuál es la forma más fácil de moverlo?

rellena aquí

6. ¿Qué harías para saber cómo hacerlo y que fuera seguro, no se rompiera la lavadora y se pudiera mover de la forma más fácil? ¿se te ocurre alguna forma de hacerlo antes de empezar a mover la lavadora?

rellena aquí

7. Dibuja cómo lo harías

