



TREBALL DE RECERCA

ANÀLISI D'ESDEVENIMENTS
CIENTÍFICS DINTRE DE
L'ANIME DR. STONE DES DEL
PUNT DE VISTA DE LA FÍSICA

AUTOR: PATATAS CUÁNTICAS
TUTOR: JAVI CORTÉS
CENTRE EDUCATIU: INSTITUT 9 DE
SANTA COLOMA DE GRAMENET
CURS: BATXILLERAT 23/25

ABSTRACT

Este trabajo analiza la representación de fenómenos físicos en el anime "Dr. Stone" con el objetivo de verificar su rigurosidad desde el punto de vista científico. Se desglosan escenas clave de las dos primeras temporadas y de la película asociada, comparándolas con la realidad física y tecnológica.

El análisis revela que la serie representa de forma fiel muchos aspectos científicos, con ejemplos como el polipasto, la creación de un imán y la fabricación de bombillas, manteniendo un buen equilibrio entre entretenimiento y divulgación. Sin embargo, algunas escenas, como la transmisión de movimiento con engranajes, la generación de electricidad, la síntesis del motor de vapor y la construcción de la cámara criogénica, presentan simplificaciones para facilitar la comprensión del público sin romper significativamente las bases de la física.

En conjunto, el trabajo concluye que "Dr. Stone" es una obra que combina de forma exitosa la ciencia y la narrativa, cumpliendo los objetivos de promover la educación e inspirar interés por el conocimiento científico.

Palabras clave: Dr. Stone, rigurosidad, análisis, divulgación, ciencia

This work analyzes the representation of physical phenomena in the anime "Dr. Stone" with the aim of verifying its rigor from a scientific point of view. Key scenes from the first two seasons and the associated film are broken down, comparing them with physical and technological reality.

The analysis reveals that the series faithfully represents many scientific aspects, with examples such as the hoist, the creation of a magnet and the manufacture of light bulbs, maintaining a good balance between entertainment and divulgation. However, some scenes, such as the transmission of motion with gears, the generation of electricity, the synthesis of a steam engine and the construction of the cryogenic chamber, present simplifications to facilitate the audience's understanding without significantly breaking the foundations of physics.

Overall, the work concludes that "Dr. Stone" is a work that successfully combines science and narrative, fulfilling the objectives of promoting education and inspiring interest in scientific knowledge.

Keywords: Dr. Stone, rigor, analysis, divulgation, science

ÍNDIX

1. INTRODUCCIÓ.....	2
2. OBJECTIUS.....	3
3. EL MANGA DE DR.STONE.....	3
3.1 Els autors.....	3
3.2 Els personatges.....	4
4. MARC TEÒRIC: LA FÍSICA.....	8
4.1 El polipast salvador.....	8
4.2 Creació d'un imant.....	9
4.3 La generació d'electricitat.....	11
4.4 La vista atorgada pel vidre.....	12
4.5 La transmissió de moviment amb engranatges.....	13
4.6 La llum de la humanitat.....	14
4.7 La comunicació al món de pedra.....	15
4.8 El motor de vapor.....	17
4.9 La cambra criogènica.....	18
4.10 El globus aerostàtic.....	19
5. LA FÍSICA DE DR. STONE.....	20
5.1 El polipast salvador.....	20
5.2 Creació d'un imant.....	21
5.3 La generació d'electricitat.....	22
5.4 La vista atorgada pel vidre.....	23
5.5 La transmissió de moviment amb engranatges.....	24
5.6 La llum de la humanitat.....	26
5.7 La comunicació al món de pedra.....	26
5.8 El motor de vapor.....	28
5.9 La cambra criogènica.....	29
5.10 El globus aerostàtic.....	30
6. CONCLUSIONS.....	33
7. REFERÈNCIES.....	34

1. INTRODUCCIÓ

En aquest treball s'ha volgut dur a terme és una anàlisi física de diferents escenes a l'anime Dr. Stone. L'elecció de l'anime en comptes del manga és pel fet que la representació dels fenòmens físics són més realistes, fet que facilita tot el procés.

Com a finalitat, es busca un apropament a la divulgació científica de qualitat, aportant així al compliment de l'ODS número quatre d'educació de qualitat amb la realització de càlculs en alguns apartats del treball, progressant en l'enteniment de les bases de la física a un major nombre de persones.

L'estructura de les escenes s'organitza de la següent manera. En primer lloc, es farà una introducció assenyalant on es representa el fenomen físic a analitzar i com s'ha mostrat dintre de la sèrie. A continuació, s'explicarà l'origen del mateix per donar pas a les lleis físiques i les seves conseqüències. Finalment, es mencionaran algunes de les aplicacions actuals que tenen o si existeixen models més actualitzats.

Dintre del marc pràctic s'analitzaran les descripcions de cada fenomen físic presentat a l'anime Dr. Stone contextualitzat al marc teòric i es compararà amb la realitat per comprovar la seva veracitat. En els casos que es requereixin, s'empraran o es refaran els càlculs que siguin necessaris.

Amb aquest treball, s'espera que els espectadors de *Dr. Stone* no només gaudeixin de la narrativa, sinó que també desenvolupin una curiositat i interès genuí per la física, entenent el potencial de la divulgació científica per inspirar vocacions.

2. OBJECTIUS

L'objectiu principal del treball es tracta de verificar la rigorositat de la sèrie anime científic Dr. Stone des d'un punt de vista físic, pel qual s'han plantejat els següents objectius específics:

1. Investigar i explicar com es representen els fenòmens físics dins les primeres dues temporades de *Dr. Stone més la seva pel·lícula*
2. Relacionar les lleis físiques amb dispositius tecnològics presentats
3. Refer els càlculs emprats a la sèrie per comprovar la veracitat d'aquests

3. EL MANGA DE DR.STONE

Al Japó, el manga es conegut com un tipus de novel·les gràfiques amb un estil i unes característiques específiques com per exemple la lectura d'esquerra a dreta. Amb la globalització, aquest s'ha pogut difondre en diversos països arreu del món, augmentat així la seva popularitat.

La història del manga *Dr. Stone* destaca per la seva presència de fenòmens científics basats en la realitat que el protagonista mostra per a diversos propòsits com sobreviure, convèncer a algú o avançar la seva tecnologia. És aquesta característica la que la fa única en comparació amb altres que han d'afegir la ciència-ficció per poder atreure a l'espectador i no confondre-ho com *Saint Seiya* amb els superpoders o *Steins Gate* amb els viatges a través del temps..

L'obra en qüestió tracta sobre un món situat a la nostra època on en un moment donat tota la humanitat és petrificada per una estranya llum verda. Tres mil set-cents anys després, Senku, el protagonista, es desperta d'aquest estat i es posa l'objectiu de retornar la civilització a com era abans, fent servir els seus coneixements sobre diverses àrees de la ciència.

Dr. Stone ha motivat a moltes persones a dedicar-se a al sector de la ciència. A més a més, no s'ha de tenir gaires coneixements per poder gaudir de l'anime, podent així apropar i divulgar amb l'objectiu de crear vocacions científiques.

3.1 Els autors

Aquest manga de l'editorial Shueisha compta amb dos autors, un per a la realització de la trama i l'altre per a les il·lustracions. L'il·lustrador també és valorat com a autor, ja que aquest aporta a la trama els seus coneixements que va adquirir a la carrera de física.

En primer lloc, tenim a Riichiro Inagaki, l'escriptor de l'obra. Aquest va néixer el 20 de juny de 1976 a Tokio, Japó. A la secundària comença a interessar-se en aquestes novel·les gràfiques quan va llegir el Manga Michi de Fukijo Fujio's. Un cop va terminar l'escola, va voler continuar per aquest camí i es va inscriure a una empresa productora de cinema i manga com a assistent d'animació. Més tard, va poder publicar a la revista Weekly Shonen Jump, una de les més populars actualment. A partir d'aquí, junt amb la publicació de la seva obra més exitosa, *Dr. Stone*, la seva reputació va augmentar en gran manera.

En segon lloc, l'altre autor és l'il·lustrador Boichi, el qual és un pseudònim del seu nom real que és Mujik Park. Ell va néixer el 29 de gener de 1973 a Seül, Corea del Sud. A la seva infància, ja sabia que volia ser artista manga i es va especialitzar en física a la universitat. Mujik va guanyar popularitat gràcies a les seves guies de com dibuixar manga i també amb la seva primera obra *Sun Ken Rock*. Finalment, el 6 de març de 2017 va ser assignat il·lustrador del manga *Dr. Stone* on a més del seu estil també ajuda a vegades a l'escriptor en qüestions respecte a la física, tot i que no és l'única font de consulta d'aquests temes.

3.2 Els personatges

L'obra de *Dr. Stone* compta amb un total de 27 volums pel que fa al manga dels quals 16 estan adaptats a l'anime en un total de 57 episodis. Com en aquest treball analitzarem els esdeveniments físics de l'adaptació, ara farem una descripció dels personatges més rellevants en aquest aspecte que hi han estat implicats en aquest.

Senku Ishigami

Un dels protagonistes principals a la història, amb la seva primera aparició al primer episodi de l'anime. Destaca pel seu trencament de model de científic que tothom associa amb el seu caràcter apassionat i viu. Tot i semblar una persona egoista que controla a la gent pels seus propis interessos, en realitat ell compta amb un fort sentit de la justícia amb el resultat de les seves accions.

A més a més, és un geni absolut, capaç d'emmagatzemar una quantitat d'informació sobre molts camps del coneixement com la física, la química, la biologia, les matemàtiques i l'enginyeria. Gràcies a aquests, creu fermament que podrà complir el seu objectiu de despetrificar tota la humanitat.



Fig. 1: Senku Ishigami
Font:
<https://dr-stone.fandom.com/>

Chrome

Company de Senku en la planificació dels seus invents desde la seva primera aparició a la sèrie. A diferència de Senku, Chrome no va ser petrificat per ser descendent dels astronautes de la Soyuz que no van patir la petrificació, ja que eren a la estació espacial internacional durant l'incident. Ell viu al llogaret Ishigami.

Els seus coneixements en ciència són una mica superiors a la mitjana del seu poble motivat per la seva gran curiositat en els diferents minerals. Tot i això, aquests es queden molt per darrere dels de Senku, tenint una relació de mestre-alumne.



Fig. 2: Chrome
Font:
<https://dr-stone.fandom.com/>



Fig. 3: Kaseki
Font:
<https://dr-stone.fandom.com/>

Kaseki és un dels personatges secundaris més importants per a l'assoliment dels invents de Senku. Va aparèixer per primer cop al capítol onze de l'anime. Aquest és un vell artesà i ferrer del mateix poble que Chrome.

Ell tenia una vida pacífica i tranquil·la fins que va conèixer a Senku i li va posar el càrrec de la construcció dels seus invents. Com el protagonista no té l'habilitat d'un expert en aquest àmbit, però, sí que sap dissenyar i representar el que vol fer, junts fan una molt bona combinació.

Encara que no té coneixements sobre el món modern, ja que no havia nascut, aquest personatge ha demostrat una gran habilitat d'adaptabilitat davant nous reptes que se li presenten com per exemple quan va poder manipular amb facilitat el vidre fos o quan va construir amb Chrome una roda hidràulica per obtenir energia sense tenir cap noció d'aquesta amb anterioritat basant-se només en l'observació d'un generador elèctric rudimentari.

Kohaku

Primer personatge de l'aldea Ishigami que Senku va conèixer, tot i que al abans d'això ja hi va haver una aparició seva. Kohaku ajuda a Senku amb la seva força a la recol·lecció de recursos.

Ella és una dona forta, valent i corpulenta que portava aigua de fonts termals a la seva germana, Ruri, que estava malalta de neumonia. Encara que al principi desconfiava de la ciència moderna que Senku portava amb si, Kohaku ràpidament va aprendre a valorar les seves aplicacions pràctiques.

Ha demostrat una gran habilitat d'adaptabilitat i aprenentatge, com es veu quan ajuda en la construcció de diversos invents i defensa el laboratori científic de Senku de múltiples amenaces.

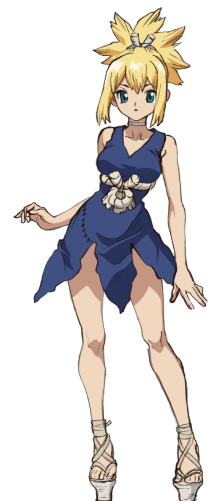


Fig. 4: Kohaku
Font:
<https://dr-stone.fandom.com/>

Suika

Suika és un dels personatges secundaris més entranyables i importants per a la recerca i l'obtenció de recursos en la història de Dr. Stone. Va aparèixer per primer cop al capítol onze de l'anime. Aquesta és una nena del poble d'Ishigami que sempre porta una síndria al cap per millorar la seva visió.

Ella tenia una vida marcada per la seva dificultat per veure clarament, cosa que la feia sentir aïllada i diferent. Però tot va canviar quan va conèixer a Senku, qui li va donar la confiança i el propòsit de contribuir amb les seves habilitats úniques. Suika és increïblement curiosa i hàbil per infiltrar-se i explorar llocs perillosos, fent d'ella una excel·lent exploradora i recol·lectora d'informació.

Encara que no té els coneixements científics de Senku ni la força física de Kohaku, Suika ha demostrat ser increïblement valenta i adaptable. Un exemple destacat és quan va ajudar a descobrir diversos materials necessaris per als invents de Senku, utilitzant la seva petita grandària i agilitat per arribar a llocs inaccessibles per altres. La seva actitud optimista i el seu esperit indomable la converteixen en un membre valuós de l'equip científic de Senku.



Fig. 5: Suika
Font:
<https://dr-stone.fandom.com/>

Tsukasa

Tsukasa és un dels personatges secundaris més complexos i antagonistes, jugant un paper crucial en la dinàmica de poder del món postapocalíptic. Va aparèixer per primer cop al capítol tres de l'anime. Aquest és un jove amb una força física increïble i una filosofia que el porta a voler crear un nou món sense corrupció.

Ell tenia una vida marcada pel seu passat com a lluitador i protector, sent conegut com el "Guerrer més fort de l'escola primària". Quan es va trobar amb Senku després de ser despetrificat, Tsukasa va veure una oportunitat per reconstruir la civilització, però d'acord amb els seus ideals: eliminant els adults corruptes i preservant només els joves purs.

Encara que al principi semblava que podria ser un aliat poderós per a Senku, les seves diferències filosòfiques aviat els van portar a un enfrontament. Tsukasa ha demostrat una gran adaptabilitat i intel·ligència estratègica, com es veu quan crea el seu propi imperi amb la intenció de controlar el futur del món. A més de la seva força física, la seva determinació i capacitat de lideratge el converteixen en un oponent formidable per a Senku i els seus amics, desafiant constantment les seves habilitats científiques i la seva visió d'una nova civilització basada en la ciència.



Fig. 6: Tsukasa
Font:
<https://dr-stone.fandom.com/>

Hyoga

Hyoga és presentat com a aliat i, eventualment, un rival formidable dins de l'imperi de Tsukasa. Va aparèixer per primer cop al capítol sis de la segona temporada de l'anime. Aquest és un guerrer amb una gran habilitat en el combat i una ment estratègica.

Ell tenia una vida de lluita i supervivència abans de ser petrificat, i després de ser despetrificat per Tsukasa, va veure una oportunitat per implementar la seva pròpia visió del món. Hyoga comparteix la visió de Tsukasa d'un nou món, però amb un enfocament més pragmàtic i menys idealista. És fred, calculador i capaç d'utilitzar la seva habilitat amb la llança per derrotar múltiples enemics amb facilitat.

Encara que inicialment és un aliat fidel de Tsukasa, Hyoga té les seves pròpies ambicions i no dubta a desafiar l'autoritat quan li convé. La seva intel·ligència i capacitat per manipular situacions el fan un adversari perillós per a Senku i el seu equip. Un exemple destacat de la seva astúcia és quan traça plans elaborats per derrocar els seus rivals i guanyar avantatge, demostrant una gran habilitat en la tàctica militar i la psicologia. La seva presència aporta una amenaça constant i una tensió addicional a la batalla per la supremacia en el nou món postapocalíptic.

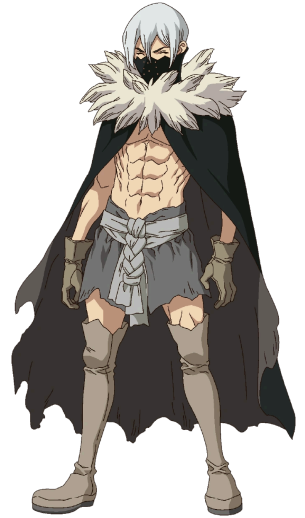


Fig. 7: Hyoga
Font:
<https://dr-stone.fandom.com/>

4. MARC TEÒRIC: LA FÍSICA

En aquest apartat, es farà una anàlisi de deu escenes dintre de l'anime de *Dr. Stone*. Aquest es farà amb la mateixa estructura per a cadascuna: Una introducció contextualitzant el fenomen físic que apareix seguit d'una explicació de la història i lleis físiques que l'acompanyen per finalitzar amb un repàs de les aplicacions físiques actuals. Cal recordar que totes les escenes són extretes de les dues primeres temporades de l'anime més la seva pel·lícula "Dr. Stone: Ryusui".

4.1 El polipast salvador

Al capítol sis de la primera temporada, després que Senku se separés dels seus companys per l'amenaça de Tsukasa, va trobar a Kohaku, un personatge secundari del mateix poble que Chrome i Kaseki. Aquest estava aturat sota un arbre que havia caigut. Per poder ajudar-la, Senku dissenya un sistema de tres politges amb el qual aixecar l'arbre. Aquest estava construït a partir de rodes de fusta, bambú ple de terra com a eix i una corda untada amb sabó per a facilitar el moviment.



Fig. 8 Construcció de la politja
Font: Anime Dr. Stone

La data d'origen del polipast o sistema de politges no és del tot clara, però Plutarc al seu llibre *Vides paral·leles* menciona informació molt útil respecte al tema. En aquest, s'explica com Arquimedes, un científic de l'antiga Grècia del segle III aC, en una de les seves cartes cap al rei Hieró afirma que podria aixecar qualsevol pes i que, si hi hagués altra planeta Terra, ell podria moure-lo.

Llavors, Hieró captivat amb aquesta idea va reptar Arquimedes a moure un vaixell portat fins a terra amb l'ajuda d'un gran nombre d'homes. Davant aquesta situació, el matemàtic només tirant la corda d'una gran màquina composta per politges va poder moure'l "com si corregués pel mar" (Plutarc, pàg. 624, segle I aC).



Fig. 9: Arquimedes
Font:
<https://www.biografiasyvidas.com/biografia/a/aarquimedes.htm>

El funcionament d'una politja és simple alhora que enginyós. El polipast està compost d'una sèrie de politges classificades segons el seu desplaçament. Si aquest és nul a l'hora d'exercir una força, s'anomena politja fixa i no ofereix cap avantatge mecànic, només serveix per canviar la direcció de la nostra força. Per altra banda, si en tirar la corda per aixecar la resistència aquesta es mou, parlarem d'una politja mòbil que sí que ofereix una reducció de la força necessària segons l'estructura del sistema.

Generalment, els polispasts es classifiquen en factorials i potencials. En els primers la força necessària serà igual a la resistència, el pes a aixecar, entre el doble de politges mòbils presents. En els potencials, l'avantatge mecànic és molt major, sent aquesta mateixa força la resistència partida entre dos a la potència del nombre de politges mòbils. A continuació, presentem la representació matemàtica en tots dos casos:

Fórmula dels polispasts factorials:

$$F = R/2n$$

Fórmula dels polispasts potencials:

$$F = \frac{R}{2^n}$$

Aquest comportament es du a terme gràcies al fet que el pes de l'objecte es reparteix entre les cordes del sistema. Però tot i que aquesta idea pugui semblar miraculosa, la veritat és que a major nombre de politges presents, més corda haurem de fer servir, ja que el treball efectuat ha de ser el mateix, i més tensió suportarà l'estructura on estan subjectes.

Actualment, aquest mecanisme encara s'utilitza notablement en el sector industrial. Generalment, s'observen als sistemes d'elevació com grues i muntacàrregues o fins i tot ascensors, però també serveixen a eines que requereixen molta precisió on el moviment ha de ser controlat, sent un bon exemple les fresadores, emprades al tall de ranures decoratives a sobre de peces de metall.

4.2 Creació d'un imant

Dintre de l'episodi nou de la primera temporada, els protagonistes es troben amb una gran tempesta, moment el qual Senku decideix ràpidament aprofitar-la per construir un imant potent. Per fer-ho, fabriquen una barra de ferro sobre la qual hi posaran laca per després enrotllar-li un cable de coure. Aquest tindria l'objectiu de servir com a element principal del generador elèctric i així avançar la seva tecnologia.

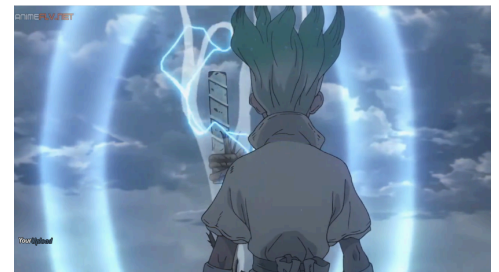


Fig. 10: Creació de l'imant amb l'impacte d'un raig

Font: Anime Dr. Stone

La història dels imants es remunta a l'antiga Grècia, on al segle VI aC Tales de Mileto ja havia identificat certs materials de la ciutat de Magnèsia, anomenats μαγνης (magnes), amb aquesta propietat magnètica que feia atreure petits fragments de ferro. Però no va ser fins al segle XIII que en Europa va fer ús d'aquest comportament a les brúixoles per al sector de la navegació, tot i que a la Xina ja s'emprava des de segles abans que el descobriment per part dels grecs.

La relació entre magnetisme i electricitat vindrà de la mà de científics com Oersted, Faraday i Maxwell, que revolucionaran el camp de la física gràcies a les seves investigacions al segle XIX. Aquesta unió de fenòmens serà explicada al següent apartat amb més detall.

Els imants que coneixem sorgeixen dels elements ferromagnètics a temperatura ambient, els quals són el ferro, el cobalt, el níquel i el gadolini. Dintre dels àtoms, els electrons emeten camps magnètics, zones a l'espai on les partícules carregades experimenten forces

que les atrauen o repelen d'una altra, orientats segons el seu espín, una característica d'aquestes partícules associada amb el gir d'aquesta. A la majoria d'elements, aquests camps s'anul·len amb l'acció dels electrons presents al mateix orbital per principi d'exclusió de Pauli, però quan no tots els orbitals s'omplen succeeix que l'àtom en conjunt adquireix magnetisme.

Els metalls mencionats anteriorment no són totalment magnètics, ja que els seus àtoms, tot i emetre un camp magnètic, no estan alineats i s'organitzen a l'atzar, formant zones on un gran conjunt sí que ho estan, anomenats dominis. És per aquest fet que dues peces de ferro no s'atrauran tret que un d'ells estigui sota l'acció d'un imant permanent que distribueixi tots els seus dominis cap a un sentit.

Per fer un imant permanent, s'ha d'escalfar un material ferromagnètic fins a la seva temperatura de Curie, quan tots els seus dominis es puguin moure lliurement. Llavors s'ha d'aplicar un fort camp magnètic per alinear-los i en aquest moment refredar el metall perquè els dominis es quedin ordenats. Aquest procés es pot dur a terme a partir de l'acció d'un llamp, ja que és un gran corrent elèctric que al mateix temps genera un camp magnètic i té una temperatura al voltant dels vint-i-cinc mil graus Celsius.

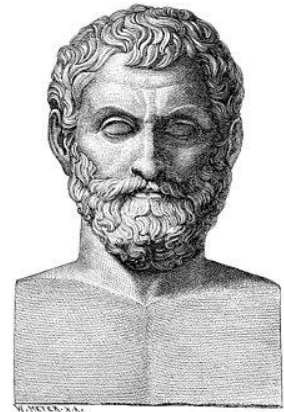


Fig. 11: Tales de Mileto
Font: Il·lustració de l'obra de Ernst Wallis, 1877

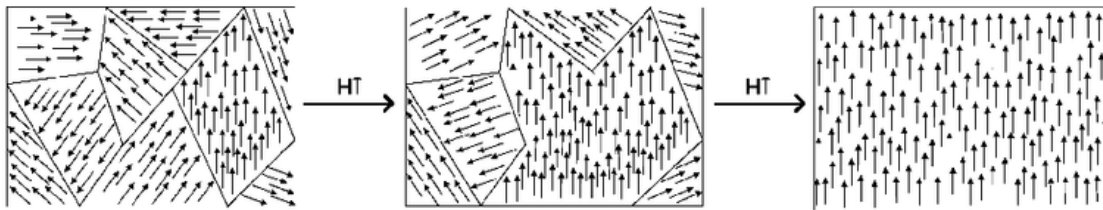


Fig. 12: Ordenació dels dominis en un material ferromagnètic
Font: Domini públic

Entre les seves aplicacions trobem que el magnetisme s'ha utilitzat al llarg de la història per a diferents objectius. Com ja s'ha explicat, a l'edat mitjana ja s'utilitzaven per a la construcció de brúixoles a la navegació, però a partir dels segles XIX, aquests van adquirir un paper important a l'evolució de la societat amb els generadors elèctrics. Aprofundirem més en aquest concepte a la següent secció. Finalment, els imants també s'empren principalment a les ressonàncies magnètiques per visualitzar imatges dintre del nostre cos i als panys magnètics que mantenen les portes tancades sense necessitat d'una clau.

4.3 La generació d'electricitat

A continuació de l'obtenció d'un imant, a la sèrie es duu a terme la construcció d'un generador elèctric com a eina per evolucionar en l'avanç de la societat. Es fa a partir de dues plaques rodones de coure unides a un eix rotatiu com a rotor (part mòbil) i l'imant que van crear com l'estator (part fixa), tot a sobre d'una superfície de fusta. El rotor es mou per la força muscular dels protagonistes i l'energia produïda és emmagatzemada a unes bateries d'àcid sulfúric i coure. L'obtenció del generador elèctric els obriria moltes portes per a futurs projectes, com ara les bateries, les bombetes o els telèfons.



Fig. 13: Generador elèctric emprat a la sèrie
Font: Anime Dr. Stone

Tot i que els grecs ja van descobrir l'electricitat estàtica fa més de dos mil anys amb les pedres d'ambre, no va ser fins al segle XVII quan William Gilbert va introduir el terme "electricitat" per explicar aquest fenomen i diferenciar-lo de quan fragments de magnetita s'atreïen. Més tard, l'any 1820, Hans Oersted descobriria que un corrent elèctric pot generar un camp magnètic en observar com un circuit elèctric desviava una brúixola.

Uns deu anys més tard, el físic Michael Faraday desenvoluparia la seva llei d'inducció, la qual afirmava que la variació d'un camp magnètic influïa en un circuit oferint un voltatge en aquest. Finalment, ell va construir el primer generador d'electricitat.

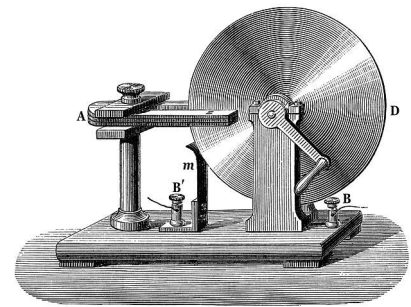


Fig. 14: Generador elèctric de Faraday
Font: Émile Alglave & J. Boulard (1884) *The Electric Light: Its History, Production, and Applications*, translated by T. O'Connor Sloan, D. Appleton & Co., New York, p.224, fig.142

El funcionament d'aquest era senzill. Es basava en un disc de coure giratori el qual en moure's pel mig d'un imant generava un corrent continu en el circuit unit al disc. Aquest model era molt semblant al motor elèctric de Peter Barlow que a partir de l'electricitat oferida per una pila volta podia fer moure una roda en forma d'estrella.

A partir d'aquest invent, s'han pogut desenvolupar tots els generadors elèctrics de l'actualitat. El generador eòlic fa girar les seves aspes amb l'ajuda del vent, les centrals hidroelèctriques ho fan amb l'aigua que cau i les nuclears amb vapor d'aigua. Tot això fa moure un cable conductor en el si d'un camp magnètic, generant electricitat. A més, perquè dugui a terme això, fa falta un commutador que vagi canviant la connexió dels cables i així tenir corrent continu.

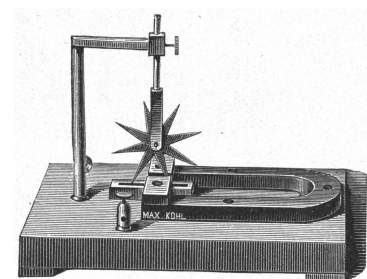


Fig. 15: Motor elèctric de Peter Barlow
Font: Physikalische Apparate (Llista de preus núm. 50) Volum III

Hi ha una gran quantitat d'aplicacions de l'electricitat, ja que va ser una aportació molt important a les nostres vides.

Aquesta s'utilitza en àrees com la il·luminació, la indústria, els electrodomèstics, els motors elèctrics i la síntesi de compostos com ara l'hidrogen. L'electricitat va ser el detonant per a la segona revolució industrial que va canviar a la nostra societat en gran manera.

4.4 La vista atorgada pel vidre

A l'episodi onze de la primera temporada, després de realitzar diversos matrassos amb vidre gràcies a la gran habilitat de Kaseki, Senku es va fixar en el fet que la vista de Suika patia de miopia que disminuïa utilitzant una carabassa amb dos forats. Davant aquest problema, el protagonista, Chrome i Kaseki van dissenyar uns vidres pels quals poguessin millorar la seva visió.



Fig. 16: Poliment del vidre amb el corindó

Font: Anime Dr. Stone

A la seva creació, es va utilitzar quars, algues marines i carbonat de calci per obtenir la transparència del vidre i també el van anar polint amb l'ajuda de corindó, el segon mineral més dur per sota del diamant amb una duresa de nou a l'escala de Mohs, per graduar-lo a la visió de la companya.

Els primers vidres que podien desviar la llum van ser utilitzar per a les primeres civilitzacions com els grecs, els romans, els egipcis, els àrabs i els xinesos per cauteritzar les ferides amb la calor que aquestes podien generar en concentrar els rajos de llum.

Més endavant, al segle X a l'època medieval, Alhacén va realitzar una de les seves obres més importants: Tractat d'òptica (1015). En aquesta, ell explicava que la llum es dividia en diferents colors i canviava de direcció en passar d'un medi a un altre. Però no va ser fins al segle XIII fins que va ser traduïda de l'àrab al llatí que l'obra va guanyar reputació.



Fig. 17: Alhacén

Font: Johannes Hevelius, Selenographia

A partir d'aquesta obra, persones com Roger Bacon i Alejandro de l'Espina van dur a terme una sèrie d'investigacions sobre la creació de les ulleres fins que al segle XIV la comercialització d'aquestes ja era comú.

Per altra banda, en aquesta època ja es feien tests per a mesurar la visió d'una persona i valorar si havia o no de portar ulleres. Benito Daza de Valdés, científic espanyol pioner en la mesura d'agudes visual, a la seva obra Ús de les ulleres (1623), va desenvolupar test per a identificar la hipermetropia i la miopia. Snellen va millorar notablement aquest camp el 1862 amb la seva taula d'optotips.

Finalment, a la segona revolució industrial es comença a investigar sobre els materials i es van combinar els plàstics sintètics amb el vidre de les ulleres, augmentant la seva producció. Cap al segle XX, aquestes es convertiren en un accessori d'ús expandit.

La desviació de la llum quan passa a través de les ulleres es duu a terme a partir d'un fenomen ondulatori conegut com a refracció. Aquest es basa en el fet que quan la llum canvia de medi, aquesta canvia la seva direcció en funció de l'índex de refracció d'aquest últim.

A les lents s'utilitza aquest fenomen i s'ajuda de la seva forma per focalitzar o dispersar la llum. Les lents convergents, més grosses pel centre que no per les vores, tendeixen a concentrar els rajos que la travessen en un punt anomenat focus mentre que les divergents, més grosses per les vores que no pel centre, es fa que sembli que aquests surten d'un focus virtual darrere de la lent.

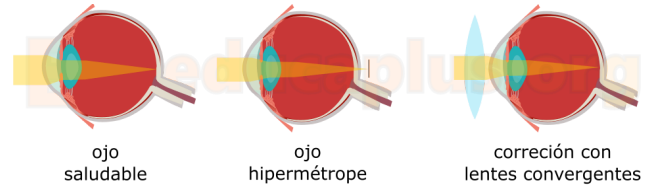


Fig. 18: Correcció de la hipermetropia amb lents convergents

Font: Domini públic

Dintre del camp de la medicina, les lents convergents s'utilitzen per tractar a pacients amb hipermetropia que no veuen bé a prop dels objectes a causa d'enfocar les imatges correctament abans d'arribar a la retina. Per a les persones amb miopia com en el cas de la sèrie, es fa ús de lents divergents per a corregir que les imatges es tornin nítides abans d'arribar a la retina.

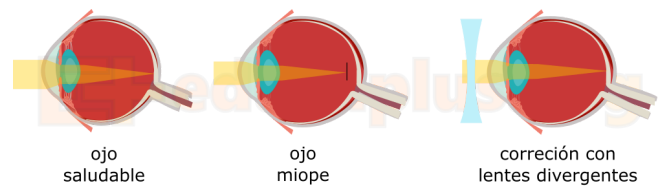


Fig. 19: Correcció de la miopia amb lents divergents

Font: Domini públic

4.5 La transmissió de moviment amb engranatges

Dintre del capítol vint de la primera temporada, els protagonistes estaven provant de fer cotó de sucre fent girar un recipient amb petits forats per on el sucre desfet se solidificaria. Això ho feien amb l'objectiu de fabricar fils d'or amb aquesta màquina. Com el cotó sortia amb grumolls, Senku va demanar que amb l'escut de Kohaku es construís un sistema d'engrenatges amb el qual fer un gir constant i assolir aquest repte.

La primera aparició dels engranatges va ser amb l'antiga Grècia amb Arquimedes i el seu invent Anticitera. Aquest tenia el propòsit de seguir el moviment de la Lluna, fet de gran importància en una època en què l'astrologia i l'agricultura estaven en el centre de mira de la societat.



Fig. 20: Representació a Dr.Stone

Font: Anime Dr. Stone



Fig. 21: Anticitera

Font: Ítem 15.087 del Museu Arqueològic Nacional a Atenes

Després d'això, Leonardo da Vinci ens va deixar molts models d'engranatges que avui dia encara s'utilitzen com el de tipus helicoidal. De tota manera, els engranatges van tenir aplicacions pràctiques fins al segle XIX on científics com Robert Willis i Leonhard Euler ho van fer per a engranatges epicicloïdals i amb dent envolupant respectivament.

Per finals del segle XIX, gràcies a les aportacions de Christian Schiele i William Gleason, la producció d'aquestes peces es va incrementar, fent-se essencials en moltes màquines de l'època.

La funció principal dels engranatges és transmetre un moviment entre ells. En un sistema, o també anomenat tren, aquell que està connectat a la font d'energia es coneix com a roda motriu, que impulsa a totes les altres rodes conduïdes. Existeixen molts tipus d'engranatge depenent de la funció cap a la qual estan destinats, però tots segueixen la norma que el producte del nombre de dents i la velocitat de l'engranatge motriu és el mateix que el de la conduïda. La seva expressió matemàtica és la següent, sent Z el nombre de dents i ω la velocitat angular:

$$Z_1 * \omega_1 = Z_2 * \omega_2$$

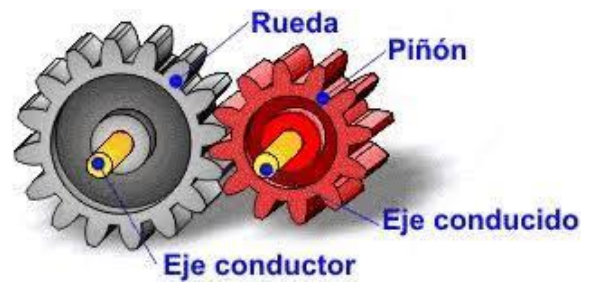


Fig. 22: Parts d'un sistema d'engranatges
Font: Domini públic

Finalment, depenent de com duu a terme aquesta transmissió, el sistema serà d'un tipus o d'altre. Si durant el seu funcionament la velocitat de l'engranatge conduït és superior a la de la motriu, estem davant d'un sistema multiplicador, si és menor, reductor i si les dues velocitats són iguals és solidari. Cadascun dels sistemes han de fer ús del nombre de dents perquè es pugui canviar la seva transmissió.

Les aplicacions principals dels engranatges són principalment als sectors de l'agricultura, en el mecanisme dels tractors, i l'automobilístic, per realitzar els diferents canvis de direcció de les rodes davanteres. A més a més, també es poden trobar en la fabricació de rellotges i turbines eòliques, on la seva precisió i transmissió de moviment respectivament són indispensables en el correcte funcionament d'aquestes màquines.

4.6 La llum de la humanitat

A l'episodi vint-i-u de la primera temporada, a l'anime se'ns mostra com es construeix una bombeta. Aquesta tenia la finalitat de millorar el sistema d'il·luminació ara que tenien a plena disponibilitat molts dels materials essencials per fer-ho i un generador d'electricitat.

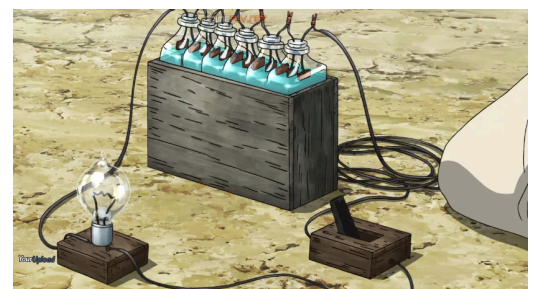


Fig. 23: Bombeta alimentada per una bateria
Font: Anime Dr. Stone

Dintre de la comunitat científica es considera que els inicis de la producció de llum a partir de la incandescència dels materials comença en l'any 1761 quan l'inventor anglès Ebenezer Kinnersley va fer-ho amb un filament metàl·lic.

Marcellin Jobard va elaborar la primera bombeta incandescent l'any 1835, però no va ser fins al 1841 on es va patentar aquest invent per Frederick de Moleyns amb el seu model amb filament de platí, element molt car a l'època, fet pel qual no es va comercialitzar molt.

Finalment, Sir Joseph Swan i Thomas Alva Edison van crear els seus models de bombetes amb filaments de carboni entre els anys 1879 i 1880. L'única diferència entre aquests dos models i pel que Edison va obtenir més reputació era que el vuit de la de Swan no era tan potent com l'altre, fent que durés menys.

Les bombetes incandescentes estan compostes per diversos elements. En primer lloc, tenim el casquet, la base per la qual es pot fixar al portalàmpades. El bulb de vidre és on estan continguts les parts conductores de la bombeta i, per tant, les que permetien que el filament de tungstè pateixi la incandescència ajudada pel buit que hi té al voltant perquè l'oxigen no el cremi. A la sèrie, això ho fan gràcies a una bomba de Sprengel amb la qual es pot generar un buit amb mercuri. L'esdeveniment d'incandescència ve regit per l'efecte Joule, que fa que els materials pels quals passa un corrent elèctric s'escalfin pel xoc dels electrons amb aquest.

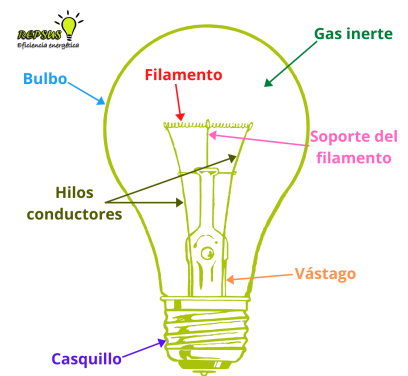


Fig. 24: Parts d'una bombeta

Font:

<http://www.repsus.es/Aprende-con-REPSUS/Sab-as-que/Bombillas-incandescentes/>

Les aplicacions de les bombetes incandescentes a l'època no van ser moltes, però sí de gran importància. La més important de totes va ser sens dubte la il·luminació, que va suposar una millora en la qualitat de vida de les persones tenint com a un dels seus efectes més rellevants la baixada de criminalitat als carrers. Aquestes bombetes van ser un invent revolucionari, però van ser les seves modificacions posteriors com el LED quines van assolir una veritable revolució al món.

4.7 La comunicació al món de pedra

Al capítol vint-i-tres de la primera temporada, es construeix un telèfon rudimentari amb el qual poder assetjar a Tsukasa amb la seva estratègia. Aquest invent els permetria separar-se en dos grups que estarien sempre comunicats. Al principi només es comuniquen fins a un micròfon connectat mitjançant un cable.

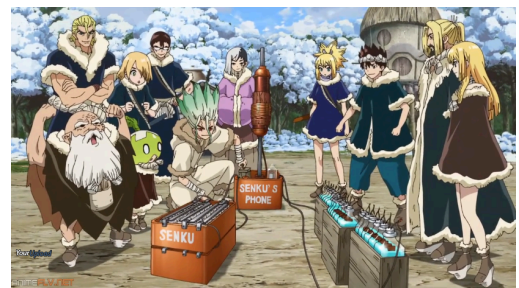


Fig. 25: Telèfon construït a la sèrie

Font: Anime Dr. Stone

L'origen del telèfon sorgeix l'any 1854, quan Antonio Meucci, un inventor italià, va dissenyar i construir el primer per comunicar-se amb la seva muller invàlida d'artritis reumatoide. Ell ho va anomenar teletròfon.

Meucci va fer moltes demostracions del seu funcionament, però com no va aconseguir finançament per patentar el seu invent, ja que existien els telègrafs, Alexander Graham Bell va aprofitar aquesta oportunitat per fer-ho ell i quedar-se amb el mèrit de la seva creació. En 2002 al congrés americà a la resolució 269 es va reconèixer al creador original gràcies a la seva demostració d'aquest en un periòdic de Nova York en Itàlia l'any 1860.

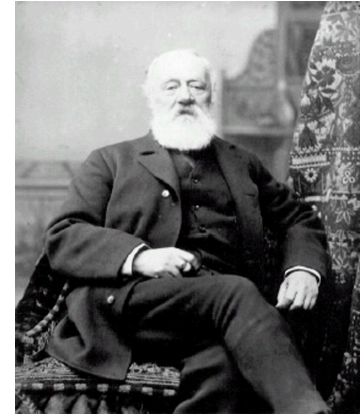


Fig. 26: Antonio Meucci
Font: Domini públic

Per establir una conversa, el telèfon transforma el so en senyals elèctric mitjançant un micròfon. Això ho pot fer gràcies a una membrana sensible enganxada a una bobina on dintre hi ha un imant. Quan el so fa moure la membrana, aquesta també mou la bobina que per la llei d'inducció generarà un voltatge, ja que està a un camp magnètic. De tota manera, aquest senyal és molt feble i haurà de ser intensificat amb dispositius com el díode.

D'altra banda, en un altaveu el mecanisme és el mateix, la diferència és que ara l'imant és qui posseeix a la bobina a l'interior, envoltant aquesta en forma d'anell. Per tant, quan el bobinatge rep un senyal elèctric, es generarà un camp magnètic producte del moviment de càrregues i, en conseqüència, es mourà la bobina amb la membrana per generar so.

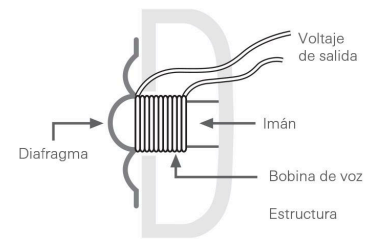


Fig. 27: Parts d'un micròfon dinàmic
Font:
<http://www.audio-technica.com>

Aquesta descripció pertany a la d'un micròfon dinàmic, el més comú i que funciona per inducció electromagnètica. A la sèrie es presenta un micròfon piezoelèctric, que utilitza un material amb la propietat de la piezoelectricitat, podent convertir les vibracions mecàniques del so en senyals elèctrics i viceversa, però el mecanisme d'acció és molt semblant al descrit.

Per als telèfons sense fils, el senyal elèctric produït pel so es transformarà en una ona de ràdio mitjançant una antena emissora. Aquest tipus d'ones poden recórrer grans distàncies a causa de la seva gran longitud d'ona que comprèn les desenes de quilòmetres. A l'altra banda, una antena receptora com les actuals antenes parabòliques haurà de tornar aquesta ona en un senyal elèctric altre cop i intensificar-se amb un díode per a ser reproduït com a so per un altaveu.

Els usos del telèfon a l'època de la seva invenció es limiten exclusivament a la comunicació. A causa d'aquest fet, es van fer millores en aquest aspecte per augmentar la seva qualitat i funcionalitat. Alguns exemples són la introducció dels micròfons electret, que millorava la qualitat del so o les centrals de comunicació.

4.8 El motor de vapor

A l'episodi quatre de la segona temporada, quan l'imperi de Tsukasa captura a Chrome, Senku decideix iniciar la construcció d'un automòbil per anar cap allà. Ell dissenya un munt de plans de cada peça, de les quals es faran motlles amb cera per fer-ho més tard amb llautó.

La primera màquina de vapor amb un ús pràctic va ser patentada per Thomas Savery l'any 1698 amb la finalitat de bombar els pous de les mines i alliberar-los de les aigües de les inundacions, la qual cosa permetia explotar mines més profundes.

L'any 1712, per a buidar d'aigua les mines de carbó de Dudley, en les Midlands, Thomas Newcomen va perfeccionar aquest artefacte augmentant la seva potència. Malauradament, l'eficiència i potència d'aquesta no era suficient per a satisfer les necessitats d'altres sectors allunyats de les mines.

Altres enginyers com John Smeaton van continuar millorant el model del motor de vapor, però no va ser fins al 1769 quan James Watt va trobar la solució final. Watt, encarregat de reparar una màquina de Newcomen, es va adonar que desaprofitava massa l'energia generada pel vapor. Ell va introduir una càmera de condensació separada perquè el mateix vapor empenyés el pistó cap a baix a l'hora que el vuit tirava d'ell.

La màquina de vapor de James Watt consistia en una caldera on s'escalfava l'aigua fins a generar vapor. Aquest vapor arribava al pistó, movent-ho per la seva pressió. Aquest moviment lineal alternatiu causava un moviment rotatiu a la roda mitjançant un sistema biela-manovella. Un cop el pistó acabava la seva carrera, aquest expulsa el vapor utilitzant la inèrcia de la roda. Finalment, aquest vapor és dirigit cap a un condensador on es refreda i torna a la caldera, començant de nou el cicle.

El motor de vapor va tenir una quantitat molt variada d'aplicacions a la data quan va ser creat. Entre aquestes, es troben el transport en vehicles com vaixells i trens, els circuits industrials estacionaris com molins o cintes rodants i les centrals tèrmiques per a la generació d'electricitat.



Fig. 28: Representació del motor de vapor
Font: Anime Dr. Stone

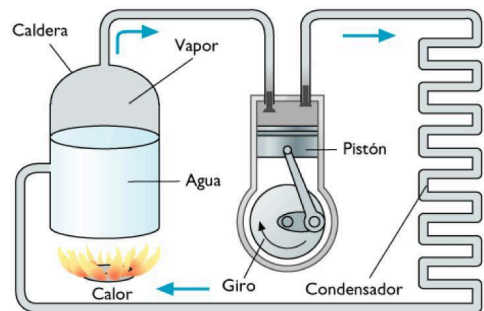


Fig. 29: Esquema de la màquina de vapor de Watt
Font: Anònima (s.d)

4.9 La cambra criogènica

Al capítol onze de la segona temporada, Senku, després de veure l'estat de Tsukasa per la lluita que ells dos van tenir contra Hyoga, compren que no es pot salvar la seva vida per al moment i pren la decisió de congelar-lo amb dues bombes d'aire que desplacin l'aire de la càmera fent-lo passar per una zona amb fil d'or. El pla era poder curar-lo més tard amb el poder de la petrificació que se suposava que obtindrien.

Abans de la invenció de les neveres, la gent de la primera meitat del segle XIX utilitzaven gel per refredar els seus aliments. El britànic Frederick Tudor va aprofitar aquest comerç millorant la conservació del gel amb cases aïllades per evitar que es desfaci.

El 1803, Thomas Moore, un humil agricultor, va patentar la nevera constituïda d'una galleda de fusta plena de gel i sal, coberta amb pell de conill. Ell també va ser qui va encunyar el nom de "refrigerador".

Els models actuals es basen la idea d'un pioner en aquest camp, Jacob Perkins, qui va introduir el cicle de compressió del vapor. A partir d'aquest, molts van començar a aportar les seves idees, de forma que cap a l'any 1880 ja n'hi havia més de tres mil patents de neveres registrades.

El problema principal que tenien i motiu pel qual no va ser molt popular fins a principis del segle XX, era la pèrdua dels gasos refrigerants, tòxics per als humans i ocasionant moltes morts. Albert Einstein i Leó Szilárd van arreglar aquest inconvenient, però la seva versió no va ser produïda comercialment.

A causa de la contaminació de les aigües i, per tant, del gel que s'utilitzava per refredar els aliments, la indústria de les neveres cada cop interessava més a la societat. Gràcies a la col·laboració de tres empreses nord-americanes, es va poder substituir els tòxics refrigerant com l'amoníac, el clorur de metil o el diòxid de sofre pel gas freó, que era inert i no perjudicial. L'any 1921 va ser l'inici de la venda massiva d'aquests aparells. Els models actuals tenen moltes similituds amb els d'aquella època, amb la diferència que hem canviat la composició dels gasos refrigerants per uns no tan perjudicials per al medi ambient.

El funcionament de les neveres es basa en la llei de Gay-Lussac dels gasos, per la qual quan s'augmenta la pressió a un gas aquest puja la seva temperatura mentre es mantingui a volum constant.

Per poder utilitzar aquest fenomen a favor nostre, es refreda aquest gas escalfat a una major pressió perquè quan ja s'hagi baixat la temperatura reduir-la encara més reduint la pressió del gas. Amb l'ajuda de compressors, que comprimeixen a molta velocitat, i



Fig. 30: Representació a Dr.Stone
Font: Anime Dr. Stone



Fig. 31: Primera nevera de Perkins
Font: Anònima (s.d)

refrigerants, per refredar els gasos calents, l'eficàcia dels refrigeradors augmenta dràsticament.

Amb la introducció de les neveres, l'ésser humà ha pogut conservar els seus aliments molt més del que havia pogut fer-ho abans. La disponibilitat i l'eficàcia d'aquests invents ha millorat la qualitat de la nostra nutrició, reduint el nombre de malalties i aprofitant més els aliments que comprem.

4.10 El globus aerostàtic

A la pel·lícula "Ryusui", per tal de buscar petroli i millorar el transport que tenien, es presenta la idea del globus aerostàtic. La tela que s'utilitza s'extrau a partir de cànem, que tot i no ser poc transpirable a la sèrie s'afirma que possible crear un amb aquest material.

La primera aparició del globus aerostàtic va venir de la mà dels germans Joseph i Jaques Montgolfier. Ells dos en veure com el fum d'una foguera ascendia van començar a realitzar una sèrie d'experiment per corroborar aquesta hipòtesi.

A finals del 1782 van construir el seu primer prototip de deu metres de diàmetre per uns mesos després, el 4 de juny de 1783, fessin la seva primera demostració pública a Versalles amb una càrrega de 226 quilograms d'un sac de lli folrat amb paper. Com a figures importants, Lluís XVI, María Antonieta i la cort francesa van ser presents en aquest acte.

Aquest vol va assolir una alçada de 1830 metres i després d'aquest el 21 de novembre del mateix any Jean-François Pilâtre de Rozier va ser l'afortunat d'estar al primer ésser humà en volar en aquest transport.

La capacitat de volar del globus aerostàtic es duu a terme gràcies al principi d'Arquimedes. A la seva obra Sobre els cossos flotants menciona que qualsevol objecte submergit en un fluid experimenta una força d'embranchida vertical igual al pes del fluid desplaçat. En el nostre cas, com que l'aire calent és més dens que l'aire fred, aquest pateix una força major al seu pes que el fa pujar. Com l'aire a més temperatura està contingut pel globus, no té més remei que aixecar tota l'estructura.

En poc temps, aquest mitjà de transport va ser utilitzat en el sector militar com a observatori aeri per localitzar als enemics, amb l'inconvenient de la seva vulnerabilitat que els feien menys eficaços a les accions bèl·liques. Per altra banda, també van ser emprats a la meteorologia per mesurar la velocitat i direcció del vent amb instruments especials.



Fig. 32: Representació a Dr.Stone
Font: Anime Dr. Stone

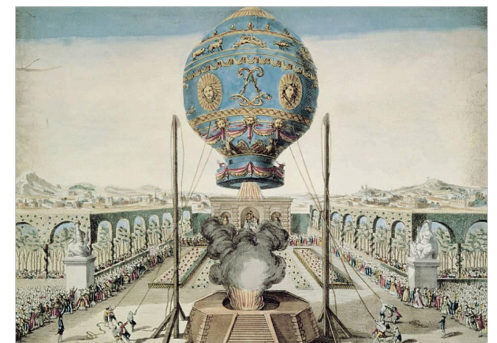


Fig. 33: Primera demostració pública del globus aerostàtic
Font: Biblioteca Nacional de França

5. LA FÍSICA DE DR. STONE

En el marc pràctic d'aquest treball es farà dues descripcions de cada fenomen físic ja representat a l'anime Dr. Stone contextualitzat al marc teòric. La primera es realitzarà tal com ho fan a la sèrie mentre que la segona tindrà en compte la visió de la física actual.

5.1 El polipast salvador

Amb l'objectiu d'aixecar un arbre d'una tona de massa, el protagonista es disposa a construir un sistema de politges potencial. Els materials emprats són fusta, pólvora, bambú, terra, una corda de cànem i sabó.

Comença el procediment talant fusta en forma de politja amb una eina rudimentària de pedra fins a tenir tres d'aquestes. A continuació, amb l'ajuda de pólvora els fa un forat prou gran al centre per col·locar els tubs de bambú omplerts amb terra per fer-los més resistents.



Fig. 34: Imatge representativa de la sèrie
Font: Anime Dr. Stone

Finalment, ensabona la corda amb sabó per evitar la fricció i la disposa junt amb les politges com un polispast potencial, on, per una banda, està lligat a un extrem de l'arbre i per l'altre ell pot tirar.

A més de realitzar tot el procediment el personatge explica l'anàlisi matemàtica de la següent manera:

Diria que el tronc pesa una tona, aixecar-lo per un costat prendrà cinc-cents quilos¹.

Suposant que el meu pes sigui de 60 quilos, multiplicat per dos a la tercera potència per a obtenir 500 quilograms amb prou feines servirà amb tres. (Senku Ishigami, capítol 6)

Sabem que la fórmula per calcular la força necessària a un polispast exponencial és la següent:

$$F = \frac{R}{2^n}$$

¹ Originalment al manga, el protagonista menciona que aquest seria un pes més precís per a l'arbre

On la força correspon a la resistència dividida entre dos a la potència del nombre de politges mòbils. En cap dels casos afegim la força de fricció, ja que l'ús del sabó amb aigua redueix en gran manera el coeficient de fregament amb la branca de l'arbre.

Amb les dades donades a l'obra, podem calcular que la força necessària per aixecar l'arbre amb el sistema de politges que utilitza és de 612,5 newtons, que passat a kilograms equivaldrien a uns 62,5 quilograms, un nombre que s'aproxima molt a la massa del personatge, sent tant el resultat com el procediment correctes a aquesta escena.

Pel que fa a la construcció de l'enginy, el material principal per a resistir aquesta tensió és el bambú present a l'eix de les politges. Respecte a la seva resistència, el manual de construcció sustentable de la Comissió Nacional Forestal diu:

Pot ser més resistent en tensió i en compressió que algunes fustes; les fibres d'un feix de gots poden arribar a resistir fins a 12.000 kg/cm² en tensió al llarg de la seva tija; no obstant això, es tallen transversalment amb relativa facilitat.

Junt amb el fet que estaven omplerts amb terra per donar-los més robustesa i coberts pel cos de la politja, no es dubta que aquest element podrà resistir com a part d'aquestes. A més, la corda de cànem emprada podrà suportar segons l'empresa Corderie Mansas 1925 fins a 615 quilograms si té un diàmetre mínim d'un centímetre, suficient per al seu objectiu.

Un cop va construir el polispast, Senku menciona que aquest sistema el va inventar Arquimedes fa uns centenars abans de Crist. Això concorda amb el marc teòric d'aquest treball on mencionem aquest científic del segle III aC com a possible creador de les politges.

En conclusió, en aquesta escena tant la cara teòrica com la pràctica són totalment correctes, ja que en cap moment es trenca cap llei física o es diu cap dada errònia que no compleixi amb la premissa de mostrar al públic aquest fenomen físic.

5.2 Creació d'un imant

Quan Senku es troba amb una tempesta elèctrica, immediatament demana ajuda als seus companys per a construir un parallamps amb l'objectiu d'aconseguir un imant. Tots plegats es disposen a realitzar una sèrie de passos.

Senku construeix un parallamps amb una barra de ferro, un filament de coure, laca i un suport per al mineral. Comencen recobrint la barra de ferro amb laca, destacant que aquesta actua com a aïllant. A continuació, fonen coure per a realitzar filaments amb l'ajuda d'una guia de fusta. Finalment, emboliquen el ferro lacat amb el filament i la col·loquen a la muntanya amb una llança com a suport. Aquest lloc va ser triat pel



Fig. 35: Imatge representativa de la sèrie
Font: Anime Dr. Stone

protagonista, ja que Chrome va trobar amb anterioritat una petita pedra magnètica. Un cop el llamp va impactar contra el mineral, ja havien aconseguit el seu objectiu.

En aquest cas, el protagonista es basa en la investigació de Peter Wasilewski, esmentada a la sèrie, sobre la creació d'imants de manera natural. Ell menciona que perquè un mineral com la magnetita es transformi en calamita, no només fa falta una estructura química correcta, sinó que a més feia falta la interacció d'un potent camp magnètic. A l'article, la hipòtesi va ser la següent:

El Dr. Wasilewski creu que ocorre això quan un llamp impacta en un tros apropiat de mineral. Un llampec és una descàrrega elèctrica, un gran corrent elèctric que dura una fracció de segon, i durant aquest temps produeix un fort camp magnètic transitori.

Aquesta investigació va ser un èxit quan es va provar a l'Institut de Tecnologia de Nou Mèxic, poden formar la calamita a partir de la interacció d'un llamp a sobre d'un mineral amb l'estructura cristal·lina apropiada.

Tornant a la representació de l'anime, sabem que el ferro podria convertir-se en un potent imant, ja que presenta ferromagnetisme. La presència de la laca i el filament de coure milloraria l'eficàcia a l'hora d'apropar llamps, però en tot cas la probabilitat que aquest esdeveniment es doni és molt baixa i més si tenim en compte la simplicitat del mateix i la baixa alçada a la qual es trobaven.

En conclusió, tot i que l'escena té unes bases sòlides recolzades amb experiments i proves, també és cert que l'autor va voler decantar la sort dels personatges fent que la baixa probabilitat que arribés un llamp al seu parallamps no fos un problema. De tota manera, podem assegurar que si es donessin totes les condicions d'aquesta escena, segurament s'obtindria un imant com a resultat.

5.3 La generació d'electricitat

Un cop ja van obtenir imants potents, els personatges comencen a elaborar un generador elèctric que emprava la potència muscular com a font d'energia. Els materials que van usar van ser l'imant, dos discos de coure, filferro de coure i laca.

Primerament, van fondre el coure per aplanar-lo i donar-li forma de disc amb l'ajuda del corindó, un mineral amb una duresa de nou en l'escala de Mohs. A continuació, van recobrir el filferro amb laca per aïllar-ho per finalment utilitzar com a rotor i estator els dos discos de coure i l'imant respectivament. L'objectiu del filferro era el de transmetre tota l'energia produïda cap a on volguessin.

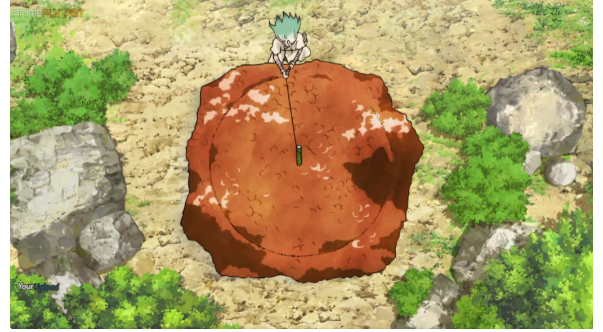


Fig. 36: Fabricació dels discos de coure
Font: Anime Dr. Stone

El model construït a la sèrie s'assembla molt al primer generador elèctric de Michael Faraday, el qual també emprava un disc de coure per a provocar una inducció electromagnètica i així produir electricitat. Llavors respecte a l'eficàcia de l'aparell no es dubta que sigui capaç de produir electricitat, ja que està inspirat en prototips històrics ja provats.

Al canal de YouTube How To Make Everything van recrear el generador presentat a l'anime per verificar la seva eficiència i funcionalitat. Aquest era d'una mida molt més petita a l'original, per tant, els voltatges generats també es veuen afectats i no superaven els trenta mil·livolts.

Encara que eren conscients d'aquest inconvenient, van intentar millorar-lo per a fer-lo més eficient i així intentar carregar unes bateries fetes per ell mateix. El resultat va ser decebedor, ja que no van poder arribar a la unitat de volt, però amb aquest treball va quedar demostrada la veracitat de l'obra.

Després d'aquesta anàlisi, podem confirmar que la manera de presentar aquest fenomen per part de l'autor és fiable i acceptada per la comunitat científica, pel fet que en cap moment es trenca cap principi físic o s'exagera la propietat de cap material com el corindó. Igualment, no podem assegurar que l'eficiència d'aquest generador pugui proveir tots els usos que se li donen a la sèrie com el funcionament de bombetes i altres aparells.

5.4 La vista atorgada pel vidre

Quan Senku es va adonar de la presència de miopia a la seva companya Suika va utilitzar els seus coneixements per poder donar-li unes ulleres amb les quals poder veure amb claredat. Els materials que van emprar van ser sorra de quars, carbonat de calci, algues marines i plom.



Fig. 37: Imatge representativa de la sèrie
Font: Anime Dr. Stone

Al principi, molen la sorra de quars fins a fer-la pols per a després fer una mescla d'un deu per cent de carbonat de calci obtingut de les petxines, un vint de carbonat de sodi extret d'algues marines cuinades² i plom. Aquesta mescla la fondran i

² "Fins al segle XVIII s'obtenia principalment cremant algues i plantes marines, lixiviant el material fos de les cendres i evaporant les solucions fins que s'assecaven." (Grupo PCC, 2021)

així aconseguir un vidre molt transparent. A partir d'aquest comencen a polir-ho amb l'ajuda del corindó fins a aconseguir una lent divergent que s'adapti a Suika.

El tipus de vidre que fabriquen té una composició molt semblant a l'anomenat vidre de silicat sodocàlcic. Segons *Universal Laser Systems*:

El vidre de silicat sodocàlcic, o vidre comú, està compost aproximadament d'un 70% de sílice (diòxid de silici), 15% de soda (òxid de sodi) i 9% de calç (òxid de calci) amb petites quantitats d'altres compostos usats com a agents de refinament o per a controlar el color.

Les diferències entre alguns compostos presentats a l'anime es poden explicar veient la semblança entre les seves propietats. La funció de la soda (Na_2O) és la de fundent, és a dir, que redueix el punt de fusió de la mescla facilitat així la seva manipulació. El carbonat de sodi segons *Laboratorium Discounter* també pot ser utilitzat com a fundent i podent reemplaçar al Na_2O . El plom, que segurament serà en forma d'òxid de plom (II), augmentarà l'índex de refracció i baixa més el punt de fusió de la mescla, sent ideal per a la fabricació d'unes ulleres que hauran de dispersar la llum entrant.

Cal aclarir que actualment no s'utilitza aquest vidre per a l'elaboració d'ulleres, sinó que existeixen d'uns basats en resina orgànica, la qual és molt resistent i molt menys pesada que els vidres convencionals com l'exposat a Dr. Stone.

En resum, aquest fenomen és explicat d'una manera clara i concisa a la sèrie, encertant tant a la teoria com a la construcció de les ulleres. No s'ha inventat ni exagerat cap propietat i tot el procés s'ha presentat de la manera més fidedigna possible encara que podien haver mencionat que a l'era moderna s'empraven altre tipus de vidre per a les ulleres.

5.5 La transmissió de moviment amb engranatges

A l'hora d'haver d'elaborar filferro d'or per a futures tecnologies, l'autor introdueix a la seva obra la idea d'utilitzar una màquina de cotó de sucre per a dur a terme la tasca, ja que aquesta sol formar fils de sucre com a resultat de fer rotar un motlle on s'introdueix aquest. Per a mantenir un ritme constant i que el producte final no tingués imperfeccions, Senku va utilitzar un sistema d'engranatges amb el qual només una persona pogués fer girar l'enginy. Aquest estava compost per dos engranatges.

Per construir-los es van fer servir un escut al qual se li havien col·locat unes peces de fusta simulant les dents dels engranatges i un cilindre del mateix material amb uns forats on l'engranatge pogués girar. El primer tenia un total de 17 dents, mentre que l'altre comptava amb 12 ranures actuant com a dents.³

Sabem que la fórmula general dels engranatges és la següent:

³Mesurat a partir de l'escena en qüestió

$$Z_1 * \omega_1 = Z_2 * \omega_2$$

En aquesta, $Z_{1,2}$ representa el nombre de dents de cada engranatge i $\omega_{1,2}$ la seva velocitat angular. Per comprovar si la transmissió de moviment presentada és correcta, haurem d'aplicar aquesta igualtat i només si es compleix podrem verificar la seva veracitat.

Respecte a la velocitat, gràcies al fet que es mostra la rotació d'aquests durant onze segons, podrem mesurar-la. L'escena dura un total d'onze segons, per tant, només hem de calcular quantes dents passen per un determinat punt com pot ser l'eix horitzontal de l'engranatge.

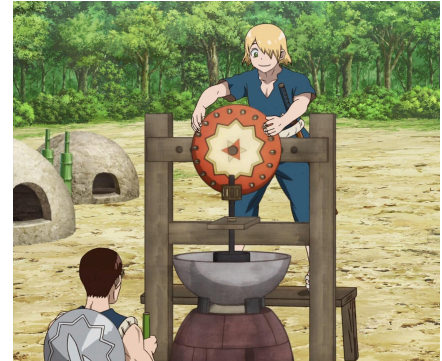


Fig. 38: Mecanisme complet
Font: Anime Dr. Stone

Fent les mesures, es poden observar que passen un total de 74 dents en el cas de l'escut i 61 al cilindre a tota l'escena. En conseqüència, per calcular la seva velocitat angular fem els càlculs següents:

$$Velocitat\ angular = \frac{N^{\circ}\text{ dents que han passat} * 2\pi}{N^{\circ}\text{ dents total} * temps\ total}$$

Escut:

Cilindre:

$$Velocitat\ angular = \frac{74 * 2\pi}{17 * 11} \approx 2,51\ rad/s \quad Velocitat\ angular = \frac{61 * 2\pi}{12 * 11} \approx 2,9\ rad/s$$

Si apliquem la fórmula general, quedaria tal que així:

$$Z_1 * \omega_1 = Z_2 * \omega_2$$

$$17 * 2,51 = 12 * 2,9$$

$$42,67 \neq 34,8$$

Veiem com la igualtat no es compleix i, per tant, l'animació no reflecteix fidelment la rotació, podent avançar o retardar el moviment d'un dels dos engranatges a l'hora de realitzar els fotogrames.

Per concloure, la introducció dels engranatges a Dr.Stone ha sigut presentada de manera que es destaquí més la utilitat d'aquests que el seu funcionament físic, obtenint errades a l'animació en representar la rotació. No obstant això, que el moviment no sigui totalment correcte no afecta en gran manera l'aprenentatge de la seva funció, ja que no es pot detectar a simple vista.

5.6 La llum de la humanitat

Com a resultat d'haver millorat la seva tecnologia amb la roda hidràulica, Senku es proposa elaborar una bombeta com a nova forma d'il·luminació. Els materials que utilitzen són vidre, coure i bambú.

En primer lloc, creen el bulb a partir del vidre, que tot i que no es menciona la composició segurament serà semblant a la de les ulleres que van fabricar. A continuació, introdueixen els fils conductors de coure i el filament de fibra de bambú rostida al vapor com es menciona a l'episodi nou, adherits amb vidre per finalment treure-li l'aire de dins perquè no es cremi per la incandescència.



Fig. 39: Filament de bambú carbonitzat
Font: Anime Dr. Stone

El prototip que es presenta és el mateix que Edison va dissenyar l'any 1880, quan ell i el seu equip es va adonar que les fibres de bambú carbonitzat com a filament eren molt més duradores que els de carboni abans utilitzades. A més a més, Edison va utilitzar una bomba de Sprengel per crear el seu buit dins la bombeta, la qual té el mateix aspecte que la representada a la sèrie amb un funcionament idèntic.

És clar que actualment ja no s'utilitzen bombetes incandescentes com a medi per a la il·luminació, ja que aquesta transforma gran part de l'energia en forma de calor i no s'aprofita per al seu ús. Sens dubte la millor opció que tenim avui dia són els LEDS, les quals tenen un consum molt baix i són molt més eficients que la incandescència.

A causa de la gran similitud que la bombeta de l'anime comparteix amb el model d'Edison, es pot confirmar completament la seva veracitat, ja que tant la producció com l'ús no s'han exagerat en cap moment, convertint aquesta en una representació fidel a la realitat.

5.7 La comunicació al món de pedra

Per poder combatre l'exèrcit de Tsukasa, els protagonistes comencen a fabricar un telèfon mòbil per a realitzar una bona estratègia davant el conflicte imminent. Els elements que utilitza són principalment un micròfon, un tub de vuit i una antena junt amb la font d'alimentació que en aquest cas són 800 bateries de zinc-carboni.

Aquesta tasca va ser un gran repte per als personatges, ja que requeria molts passos que van haver de distribuir entre tota la seva comunitat científica. Per a construir el micròfon, es disposen a sintetitzar la baquelita, però a causa de la seva falta d'explicació i que es tracta d'un procés més químic que físic no l'analitzarem.

Més tard, barregen els grans roses coneguts com a crémor tàrtar (Bitartrat de potassi) procedents del vi, l'alga cuinada que ja sabem que és carbonat de sodi i aigua per després deixar evaporar la mescla i obtenir la sal de Rochelle, que pot convertir el so en electricitat.

Llavors el que Senku i els seus companys estaven fent era un micròfon piezoelèctric, els quals actuen mitjançant un sensor piezoelèctric com aquesta sal. Aquesta síntesi se sol fer amb hidròxid de sodi per a una reacció més ràpida i sense l'emissió de diòxid de carboni, però també és possible fer-la amb carbonat de sodi a causa del seu alt pH.

D'altra banda, per a la fabricació del tub de buit o díode, es presenta un model semblant al de John Ambrose Fleming. És semblant a la bombeta construïda anteriorment, però en aquest cas té un càtode i un ànode, per això és que també rep el nom de díode. Aquest té la funció d'augmentar un senyal elèctric en un únic sentit. Com a punt a destacar, la bomba de Sprengel utilitzada anteriorment ja no els servirà i hauran d'utilitzar una bomba de Hickman, la qual és molt més potent a l'hora de crear el buit.

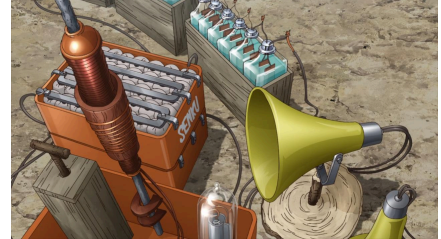


Fig. 40: Telèfon de la sèrie
Font: Anime Dr. Stone

Finalment, l'antena emissora mostrada no és més que un bobinatge amb la finalitat de fer rotar al senyal elèctric amplificat i així emetre una ona de ràdio. L'antena receptora té un mecanisme que funciona a la inversa, transformant l'ona de ràdio en un senyal elèctric.

El funcionament del telèfon és explicat per Senku al capítol vint de la següent manera:

La veu és una vibració de l'aire. Si la posen en un diafragma, produeix un petit corrent elèctric en ritme amb la vibració. El corrent és molt petit, així que has d'augmentar-la. Usarem un tub de buit per a això. Llavors, la fem girar en cercles, la qual cosa la fa fluir en una ona d'energia. Això és una ona de ràdio. El costat que escolta fa el mateix al revés.

Realment l'explicació que ofereix la sèrie es regeix per unes bases científiques molt sòlides que fan que la seva fidelitat i veracitat a la realitat siguin molt fortes. La conclusió, per tant, és que en aquesta escena tant la teoria com la pràctica s'han representat correctament sense cap exageració o desinformació.

5.8 El motor de vapor

En el moment en el qual Tsukasa captura a Chrome, a Dr. Stone se'ns presenta l'oportunitat per presenciar la construcció d'un cotxe de vapor. En aquesta escena analitzarem el motor de vapor oscil·lant fet a partir de llautó i com s'explica el seu funcionament a la sèrie.

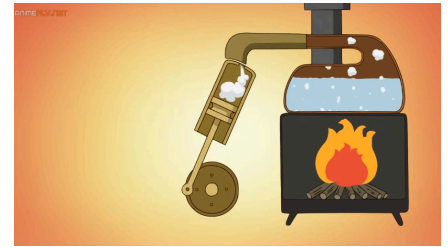


Fig. 41: Esquema del motor de vapor
Font: Anime Dr. Stone

Primerament, realitzen un motlle del motor a partir d'un rusc escalfat en aigua bullent per a produir cera d'abella, que donaran forma en un torn impulsat per una roda hidràulica. Aquest ho cobriran amb guix per poder omplir el buit que ha deixat amb llautó. Aquesta tècnica de motlles de guix es continua emprant en àrees com la producció de porcellana. Es van fer diverses peces que formen part del pistó, el cilindre i el sistema biela-manovella, que en aquest cas no comptava amb.

Anteriorment, es va fabricar una estufa que ara utilitzaran com a part de l'automòbil. Segons Senku el funcionament és el següent:

L'estufa escalfa l'aigua i tira vapor. Si en la sortida afegim la peça que vas cisellar (el pistó i el cilindre), el vapor l'empenyerà cap avall. Si aquesta es connecta a un engranatge, baixa, gira i puja. Això és un motor de vapor oscil·lant.

Aquest model està basat en el motor Joseph Maudslay, utilitzat principalment a la indústria naval. Al llibre *Steamships and their story* de E. Keble Chatterton a la pàgina 133 es menciona que:

En aquest tipus, els cilindres, en lloc d'estar fixos, oscil·len, i es prescindeix de la necessitat de la biela, ja que el cilindre està situat immediatament sota l'eix del cigonyal, com es pot veure en la il·lustració. [...] D'aquesta manera, s'estalvia pes i espai valuós.

Senku va optar per una bona opció tenint en compte el temps del qual disposava per salvar al seu company, ja que aquest tipus de motor destaca per la seva simplicitat i no necessitar de grans recursos. No obstant això, es podria dubtar de la seva potència i capacitat, ja que a l'anime no es menciona aquesta en cap moment.

En conclusió, l'escena ha sigut una metodologia correcta amb unes bases teòriques sòlides per a la construcció d'un motor de vapor, ja que tant la descripció a la realitat com la de la sèrie coincideixen en els punts clau per a explicar el seu funcionament. De tota manera, a l'hora de recrear i representar l'enginy, hi ha molts aspectes que no es van mencionar com a resultat de voler fer de manera molt més comprensible l'escena, tal com la potència o la massa que movia.

5.9 La cambra criogènica

Per a mantenir el cos del seu company fins que trobessin una solució per a les seves ferides, Senku decideix criogenitzar-lo. El mecanisme intern està compost per dos pistons i una cambra amb filament d'or a l'interior, tot i que aquest s'ha simplificat per al públic.

En primer lloc, reutilitzen els pistons emprats al motor de vapor per a recollir i expulsar l'aire. El fil daurat procedeix del telèfon que van construir. "Dues bombes funcionant al mateix temps. Si es fa que l'aire vingui i vagi per un lloc amb fil daurat, la calor es desplaça i et congela." (Senku Ishigami, capítol 11)

Encara que no es menciona, suposem que la font principal d'energia d'aquest invent és la cascada que cau fora de la cova on és el cos de Tsukasa. A més, es veu part de l'estructura que sobresurt cap aquesta, confirmant així aquesta hipòtesi.

És impossible que amb el mecanisme que s'explica el protagonista s'aconsegueixi refredar l'aire fins al punt de poder mantenir fresc un cadàver, ja que de mica en mica l'or, que té una conductivitat tèrmica molt alta, s'escalfaria i ja no refredaria més. No obstant això, si s'utilitzés l'aigua de la cascada per refredar el filament d'or sense mantenir contacte, aquest podria absorbir la calor de l'aire calent a causa de l'augment de pressió.



Fig. 42: Escena on es visualitza part del mecanisme fora de la cova
Font: Anime Dr. Stone

Gràcies al capítol vint de la primera temporada, sabem que la guerra entre l'exèrcit de Tsukasa i el regne científic es va donar a la primavera. Si suposem que d'ençà que va començar l'atac fins que Tsukasa va acabar ferit per Hyoga va passar un mes, estarien a l'abril, segon mes de primavera. Per aquestes dates l'aigua d'una cascada com la que es mostra està a una temperatura mitjana d'uns 3,4 graus si la comparem amb les cascades del Niagara, que a la primavera no supera els 20 graus.

Aquesta temperatura és semblant a la qual arriba una nevera actual, però, ni tan sols amb la descompressió de l'aire que la baixaria encara més no es podria mantenir un cadàver durant el temps que són fora buscant una solució a l'arc del nou món, sent aquest d'aproximadament un any, i menys en l'estat en què es presenta quan tornen a obrir la cambra criogènica a l'episodi vint-i-dos de la tercera temporada. En el cas de la criogenització, es retiren elements com la sang, que poden dificultar la conservació, i es manté una temperatura aproximada de 196 graus sota zero. Un cos complet amb tots els òrgans i sense cap extracció de sang es podria segurament passades les poques setmanes.

En resum, l'explicació teòrica que es dona respecte al funcionament intern és una molt vaga, que no resol molts dels problemes que sorgeixen amb el refredament de l'aire. Per altra banda, la conservació del cadàver resulta pràcticament ficció a causa del bon estat en què es troba el cos un cop passat un any.

5.10 El globus aerostàtic

Quan els protagonistes inicien la recerca de petroli, s'adonen que després del temps passat, uns 3700 anys, la topografia de Japó havia sigut alterada totalment, impedit així arribar al camp petrolífer de Sagara. Llavors, van decidir construir un globus aerostàtic amb el qual localitzar-ho amb precisió. El material principal que van utilitzar va ser el cànem per a la tela del globus.

Per a la síntesi de la tela, primerament piquen el cànem per a després fer-lo fils i més tard tela. Yuzuriha ho explica de la següent manera:

En extraure les fibres del cànem treballat, queda aquesta espècie de pèl. Cal embolicar el fus amb un munt d'això, girar-ho unes quantes vegades i ja només queda girar. [...] Es col·loquen els fils en vertical, com una arpa. Després es fa en horitzontal. [...] Es creua alternant. I després de repetir-ho moltes vegades va quedant la tela.

Com que aquest procés era molt laboriós, Yuzuriha va demanar-li un telar a Senku amb el qual realitzar els teixits molt més ràpids. Un cop ja en tenien suficient, li van preguntar a Senku quina grandària havia de tenir. Ell de seguida es posa a calcular-ho:

Si mesura 2000 metres cúbics, alçarà 520 quilos si escalfem l'aire de 15 a 90 graus. Cada mil metres, la temperatura baixa 6,5 graus. Encara que mantinguem 100 graus per a no cremar el cànem, arribarem als 1500 metres, sota els corrents en doll. El radi del globus serà de 7,8 metres.

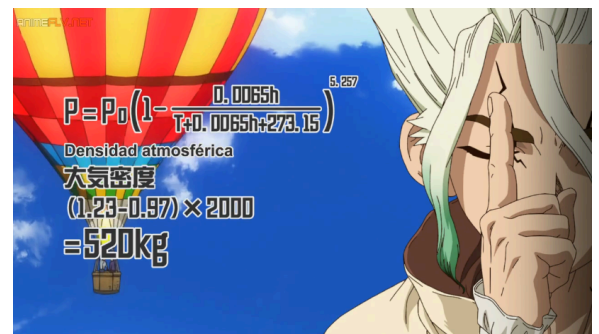


Fig. 43: Càlculs emprats a la sèrie
Font: Anime Dr. Stone

Mentrestant, a l'escena anaven apareixent càlculs que ara analitzarem. Sabem que la fórmula per calcular l'empenyiment que patirà un objecte submergit en un fluid, com en aquest cas l'aire, és la següent:

$$E = \rho_f * V_{CS} * g$$

Sent la E la força d'empenyiment expressada en newtons, ρ_f la densitat del fluid, V_{cs} el volum del cos submergit, sent aquest l'aire calent a dins del globus, i g la gravetat. Aquesta força no ens donarà la informació de quant pes podrà aixecar, per això haurem de també restar-li el mateix pes del cos submergit. Com a Senku només li interessava la massa i no el pes, ha llevat la gravetat dels seus càlculs.

Per altra banda, la densitat de l'aire a una certa temperatura es calcula amb aquesta fórmula formada a partir de la llei dels gasos ideals:

$$\rho = \frac{P}{R_{Específica} * T}$$

Aquí la densitat és igual a la pressió a nivell del mar entre la constant específica del fluid ($287,05 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) per la seva temperatura. Si calculem les densitats de l'aire a 15 i 90 graus, surt que són 1,23 i 0,97 kg/m^3 respectivament.

Llavors, el procediment que suposem que ha fet Senku per trobar quanta massa pot aixecar un globus de 2000 metres cúbics d'aire escalfat a 90 °C és aquest:

Massa que podrà aixecar:

$$\begin{aligned} m &= E_g - m_{ge} \\ m &= V_g \rho_e - V_{ge} * \rho_{ae} \\ m &= 2000 * 1,23 - 2000 * 0,97 \\ m &= (1,23 - 0,97) * 2000 \\ m &= 520 \text{ kg} \end{aligned}$$

E_g = Empenyiment d'el globus (En quilograms)

m_{ge} = Massa del globus escalfat a 90 °C

Per altra banda, ell calcula fins a quina alçada arribarà el globus emprant l'equació baromètrica, que relaciona la pressió de l'aire amb relació a la seva alçada i temperatura:

$$P = P_0 \left(1 - \frac{\Gamma_d * h}{T + \Gamma_d * h} \right)^{\frac{g}{R * \Gamma_d}}$$

On P és la pressió a una alçada i temperatura determinada, P_0 la pressió a nivell del mar, Γ_d és el gradient adiabàtic sec que representa la taxa a la que la temperatura disminueix amb l'alçada (0,0065 K/m), T la temperatura, h l'alçada, g la gravetat i R la constant específica de l'aire sec.

Tenint aquesta equació en compte, el procediment pel qual va calcular l'alçada a la qual el globus arribaria va ser el següent:

1. Calcular a quina pressió està l'aire amb la mateixa densitat que el que hi ha dins del globus

$$\rho = \frac{P}{R_{Específica} * T}$$

$$0,97 = \frac{P}{287,05 * (15 + 273,15)}$$

$$P = 80232 Pa$$

2. Determinar l'alçada a la qual l'aire té aquesta pressió

$$P = P_0 \left(1 - \frac{\Gamma_d * h}{T + \Gamma_d * h} \right)^{\frac{g}{R * \Gamma_d}}$$

$$80232 = 101325 \left(1 - \frac{0,0065h}{15 + 0,0065h + 273,15} \right)^{5,257}$$

$$h = 2013,33 \text{ metres}$$

Aquesta alçada és més que la que el protagonista menciona, però pot ser que com aquesta és la màxima que a la qual podrien arribar, va voler donar un càlcul més pràctic. A més, menciona els corrents en doll, que són forts corrents de vent que es troben entre vuit i quinze quilòmetres d'alçada, Senku les volia evitar a causa que podrien afectar en gran manera el viatge amb el globus.

Finalment, com comprova que amb dos mil metres cúbics d'aire és suficient per al seu globus, per a obtenir el radi d'aquest ho va tractar com a una esfera emprant l'equació del volum d'una:

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$2000 = \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{6000}{4\pi}}$$

$$r = 7,8 \text{ metres}$$

Aquest resultat coincideix amb el donat per Senku. Probablement, ell haurà fet aquest mateix càlcul i, per tant, segueix unes bases raonades per a les respostes que dona. Com a conseqüència, podem concloure que l'anàlisi matemàtica que se'ns presenta és totalment correcte.

6. CONCLUSIONS

En les conclusions del treball, es pot afirmar que s'han complert els objectius plantejats al principi. L'objectiu de verificar la rigorositat de la sèrie "Dr. Stone" des del punt de vista de la física s'ha assolit amb èxit. S'han investigat i explicat detalladament els fenòmens físics representats en la sèrie, s'han relacionat amb les lleis físiques reals i s'han refermat càlculs per comprovar la seva veracitat.

La majoria de les escenes analitzades han estat correctes tant en la teoria com en la pràctica, sense exagerar ni inventar cap propietat física. Això es veu clarament a escenes com la construcció del polispast, la creació d'un imant, la síntesi d'ulleres i a la resta exceptuant la fabricació de la cambra criogènica, la construcció del motor de vapor, la generació d'electricitat i la transmissió de moviment amb engranatges. A més, la sèrie aconsegueix fer divulgació científica accessible i interessant, promovent l'educació i motivant l'interès per la ciència.

Pel que fa a les escenes amb representacions menys precises, es detecten simplificacions que responen a la necessitat de mantenir l'interès narratiu i la comprensió del públic. Aquestes simplificacions no trenquen les bases científiques, però poden presentar diferències respecte a la realitat tècnica.

A la primera situació, a la transmissió de moviment amb engranatges és lògic que l'animació no sigui tan acurada, ja que aquest té la finalitat de representar la funció principal dels engranatges i no la fórmula general d'aquests. Al segon cas, a l'escena de la cambra criogènica, tot i tenir fonaments científics sòlids sobre el funcionament de les neveres, s'elideixen molts dels aspectes principals com ara el refredament de l'aire emprant refrigerants, fet que simplifica el funcionament del mecanisme per fer-lo més comprensible, però ressalta la ficció de la sèrie i la necessitat narrativa d'aquest personatge.

Quant al motor de vapor, es pot dubtar de la seva potència, ja que la representació al treball no ofereix suficients detalls per assegurar que aquest pugui complir totes les funcions assignades. Finalment, pel que fa al generador elèctric, tot i estar basat en prototips històrics, no es pot assegurar que l'eficiència d'aquest aparell sigui suficient per alimentar tots els usos que se li atribueixen a la sèrie, com el funcionament de bombetes i altres dispositius.

En resum, "Dr. Stone" presenta una representació generalment fidel dels conceptes científics i compleix amb els objectius de rigorositat científica que es proposa. Les escenes analitzades demostren que la sèrie és una eina de divulgació que combina entreteniment i coneixement científic, sent que les escenes menys precises no afecten greument la comprensió ni el valor divulgatiu del treball.

7. REFERÈNCIES

(n.d.). Wayback Machine. <https://web.archive.org/web/20181004112347/https://boichi.com/>

(n.d.). <https://www.bezabala.es/historia-de-la-polea/>

(n.d.).

https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/7053/7053326/historia_del_electromagnetismo.pdf

(n.d.). <https://www.vaqueiros.mx/partes-de-un-generator-electrico/>

(n.d.).

<https://roderic.uv.es/rest/api/core/bitstreams/413352b6-e120-4d30-b6d4-449962a10906/content>

(n.d.).

<https://iessantabarbara.es/departamentos/fisica/tecnologia/webquest/maquinas/WebMaquinas/html2/maquina%20de%20vapor.html#:~:text=El%20agua%20se%20calienta%20en,de%20nuevo%20hasta%20la%20caldera.>

(n.d.).

<https://www.globos.es/blog/historia-del-globo-aerostatico#:~:text=El%20globo%20aerost%C3%A1tico%20fue%20inventado,b%C3%BAsqueda%20de%20volar%20en%20globo.>

(n.d.). <https://animesolution.com/category/dr-stone/page/2/>

(n.d.). <https://www.corderie-mansas.fr/es/canamo/366-cuerda-canamo-natural.html>

(n.d.). 9. La Calamita. Retrieved November 4, 2024, from

<https://pwg.gsfc.nasa.gov/earthmag/Mlodestn.htm>

(n.d.). <https://holst-porzellan.com/es/conocimiento/moldeo/moldes-de-yeso/>

(n.d.).

<https://es.slideshare.net/slideshow/tanatologa-fenmenos-cadavricos-20211/2501038>

(n.d.). <https://www.fullmecanica.com/definiciones/d/285-densidad-del-aire>

(n.d.). Audio-Technica: Home. Retrieved November 28, 2024, from

<http://www.audio-technica.com>

(2021, October 6). Carbonato de sodio: ¿un componente de los agentes de lavado

ecológicos? - PCC Group Product Portal. Retrieved November 4, 2024, from

<https://www.products.pcc.eu/es/blog/carbonato-de-sodio-un-componente-de-los-agentes-de-lavado-ecologicos/>

稲垣理一郎のプロフィール・作品情報 - コミックナタリー. (n.d.). ナタリー. Retrieved November

4, 2024, from <https://natalie.mu/comic/artist/1796#pp>

Alglove, É., & Marshall Lungren, C. (1884). *The Electric Light: Its History, Production, and Applications*. Charles Marshall Lungren.

Altozano, J. (2018, December 4). *Cómo Funciona un Micrófono y un Altavoz* 🎤🔊 *Cómo se*

Propaga el Sonido (ft. @WikiSeba). YouTube. Retrieved November 4, 2024, from

<https://www.youtube.com/watch?v=Te1ZByiW4Fc>

Aplicaciones de la electricidad | Energía y Minería | Junta de Castilla y León. (n.d.). Energía

y Minería. Retrieved November 4, 2024, from

<https://energia.jcyl.es/web/es/biblioteca/suministro-electricidad-aplicaciones.html>

BALLOONING - Historia de los globos y aerostatos. (n.d.). Ballooning Barcelona. Retrieved

November 4, 2024, from <https://www.ballooning.es/es/sobre-el-globo/historia.php>

Biografía de Arquímedes. (n.d.). Biografías y Vidas .com. Retrieved November 4, 2024, from

<https://www.biografiasyvidas.com/biografia/a/arquimedes.htm>

Carbonato de sodio -. (n.d.). Laboratorium Discounter -. Retrieved November 4, 2024, from

<https://www.laboratoriumdiscounter.nl/es/quimicos/a-z/n/carbonato-de-sodio/>

Cárdenas, N., & Zanazzi, E. C. (2014, September 11). *Los Engranaje Historia | PDF*.

SlideShare. Retrieved November 4, 2024, from

<https://es.slideshare.net/slideshow/engranaje-38981032/38981032>

Cartwright, M., Parsons, C., & Cardozo, A. (2023, April 17). *La máquina de vapor de Watt* -

Enciclopedia de la Historia del Mundo. World History Encyclopedia. Retrieved

November 4, 2024, from

<https://www.worldhistory.org/trans/es/1-21774/la-maquina-de-vapor-de-watt/>

Cómo funciona un Diodo ⚡ Que es un diodo. (2019, January 19). YouTube. Retrieved

November 4, 2024, from <https://www.youtube.com/watch?v=oB-Q89PiuKE>

Como Funciona un Generador Electrico ⚡ Como se Genera la Electricidad. (2018,

November 14). YouTube. Retrieved November 4, 2024, from

<https://www.youtube.com/watch?v=rV47Of-MhfQ>

¿Cómo funciona un refrigerador? | Cómo funciona el frigorífico. (n.d.). Danfoss. Retrieved

November 4, 2024, from

<https://www.danfoss.com/es-es/about-danfoss/our-businesses/cooling/the-fridge-how-it-works/>

Dixon, C. (2023, November 5). *Steamships and Their Story*. Project Gutenberg. Retrieved

November 4, 2024, from

<https://www.gutenberg.org/cache/epub/72045/pg72045-images.html>

Does the Dr. Stone Battery and Generator Work? (2023, May 10). YouTube. Retrieved

November 4, 2024, from https://www.youtube.com/watch?v=7T3_DcqfSaM

Dr. Stone Wiki | Fandom. (n.d.). Dr. Stone Wiki | Fandom. Retrieved November 4, 2024, from

<https://dr-stone.fandom.com/es/wiki/Portada>

El Primer Vuelo En Globo. (2023, May 29). Globotur. Retrieved November 4, 2024, from

<https://globotur.es/el-primer-vuelo-en-globo/>

Ernecke, F. (2014). *Physikalische Apparate, chemische Instrumente und Gerätschaften* (F.

Ernecke, Ed.). Fachbuchverlag-Dresden.

Fabricación de engranajes: proceso y consideraciones. (n.d.). Blog Boltronic. Retrieved

November 4, 2024, from <https://blog.boltronic.com.mx/fabricacion-de-engranaje>

FÍSICO explica escena de Dr. Stone - Realmente Senku puede levantar el tronco? (2022,

October 14). YouTube. Retrieved November 4, 2024, from

<https://www.youtube.com/watch?v=UFgw4LPWxHg>

- Graciosi, M. (2019, April 25). *Micrófonos piezoeléctricos – sonido escénico*. sonido escénico. Retrieved November 4, 2024, from <https://sonidoescenico.com/2019/04/25/microfonos-piezoelectricos/>
- Gradiente de temperatura | Meteopedia | El tiempo.es | El tiempo.es*. (n.d.). El Tiempo. Retrieved November 4, 2024, from <https://www.eltiempo.es/noticias/meteopedia/gradiente-de-temperatura>
- Hevelius, J. (1647). *Selenographia, Sive Lunae Descriptio*. Johnson Reprint Corporation.
- Historia del teléfono - Invención, desarrollo y evolución*. (2023, February 7). Concepto. Retrieved November 4, 2024, from <https://concepto.de/historia-del-telefono/>
- Historia del vacío: origen y evolución de una tecnología que está en todas partes*. (2021, June 4). Marpa Vacuum. Retrieved November 4, 2024, from <https://marpavacuum.com/historia-vacio-origen-evolucion/>
- How do magnets work? Curiosamente 45*. (2016, October 24). YouTube. Retrieved November 4, 2024, from https://www.youtube.com/watch?v=7afwV_aJcjk
- Iturbe, M., García, J., Herrero, M., Sanz, M., Bravo, R., Espiñeira, P., Martínez, G., Sanguinetti, E., Vázquez, A., Moya, M., Freire, J. R., Rodriguez, S., Rivas, M., Martín, G., Gutiérrez, J. L., & Borrás, C. (2020, June 23). *¿Qué es el Efecto Joule? Aplicaciones para calefacción - caloryfrio.com*. Caloryfrio. Retrieved November 4, 2024, from <https://www.caloryfrio.com/calefaccion/que-es-el-efecto-joule-aplicaciones-para-calefaccion.html>
- La historia de la bombilla*. (2020, November 23). YouTube. Retrieved November 4, 2024, from <https://www.youtube.com/watch?v=Gqf5DD94iH0>
- !LA HISTORIA DEL REFRIGERADOR! ¿COMO SE HIZO?* (2020, November 18). YouTube. Retrieved November 4, 2024, from https://www.youtube.com/watch?v=9f_wlwoOJqo
- Lázaro, B. (2022, December 28). *¿Qué es la criogenización? ¿Funciona de verdad como se piensa?* Libertad Digital. Retrieved November 4, 2024, from

<https://www.libertaddigital.com/ciencia-tecnologia/salud/2022-12-28/que-es-la-criogenizacion-funciona-de-verdad-como-se-piensa-0e-6966920/>

Lentes convergentes y divergentes. (n.d.). Educaplus. Retrieved November 4, 2024, from <https://www.educaplus.org/luz/lente1.html>

Lentes orgánicas vs lentes minerales para tus gafas graduadas | +Vision. (2019, April 25). Masvisión. Retrieved November 4, 2024, from <https://www.masvision.es/blog/lentes-organicas-vs-lentes-minerales-para-tus-gafas-graduadas>

Levy, J. (2002). *Really Useful: The Origins of Everyday Things*. Firefly Books.

Línea de tiempo de la electricidad | Historia de la electricidad | Wiki de. (n.d.). Twinkl. Retrieved November 4, 2024, from <https://www.twinkl.es/teaching-wiki/historia-de-la-electricidad>

Llanos, S. (2017, October 8). *El magnetismo NO EXISTE*. YouTube. Retrieved November 4, 2024, from <https://www.youtube.com/watch?v=5duDOVBCLKk>

Máquina de vapor. (2023, February 13). Concepto. Retrieved November 4, 2024, from <https://concepto.de/maquina-de-vapor/>

Nunez, C. (2024, January 29). *¿Qué es una corriente de chorro?* National Geographic. Retrieved November 4, 2024, from <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-es-una-corriente-de-chorro>

Pérez Jiménez, A., & Plutarco. (1996). *Vidas paralelas* (A. Pérez Jiménez, Ed.; A. Pérez Jiménez, Trans.). Gredos.

Qué es la electricidad y quién la descubrió. (n.d.). Universidad ORT Uruguay. Retrieved November 4, 2024, from <https://fi.ort.edu.uy/blog/que-es-la-electricidad-y-quien-la-descubrio>

refrigeración | Frío Industrial. (n.d.). Frío Industrial. Retrieved November 4, 2024, from <https://cursolimmon2.blogs.upv.es/tag/refrigeracion/>

REPSUS - Bombillas incandescentes. (n.d.). repsus. Retrieved November 4, 2024, from <http://www.repsus.es/Aprende-con-REPSUS/Sab-as-que/Bombillas-incandescentes/>

Rodríguez, J. G. (2023, September 13). *DR STONE CAP 9 ¿CÓMO se CARGA un IMÁN?*

YouTube. Retrieved November 4, 2024, from

<https://www.youtube.com/watch?v=nAjQkCjEPyk>

SAL DE LA ROCHELLE – Grupo Español IIC. (n.d.). GEIIC. Retrieved November 4, 2024,

from <https://www.ge-iic.com/fichas-tecnicas/tratamientos/sal-de-la-rochelle/>

Sebastian, R. (2017, December 19). *Poleas y polipastos.* YouTube. Retrieved November 4,

2024, from <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=NayRdsG9UTM>

Sistemas de poleas y correas: ¿para qué sirven? (2023, August 1). Repuestos Murcia.

Retrieved November 4, 2024, from <https://repuestosmurcia.com/poleas-correas/>

Smith, M. (n.d.). *Tejidos de Cáñamo y Cómo se Fabrican las Telas de Cáñamo.* Sensi

Seeds. Retrieved November 4, 2024, from

<https://sensiseeds.com/es/blog/curso-basico-de-tejidos-de-canamo-y-como-se-fabrican-las-telas-de-canamo/>

Teléfono | Cultura y Diseño. (n.d.). Franco Lugo Orlando Fabián. Retrieved November 4,

2024, from <https://francolugoculturaydiseno.wordpress.com/telefono/>

Temperatura del Agua en Cataratas del Niágara hoy | ON, Canadá. (n.d.). Sea water

temperature. Retrieved November 4, 2024, from

<https://seatemperature.info/es/cataratas-del-niagara-temperatura-del-agua-del-mar.html>

TESLA, N. (2020, January 17). *Quien invento el telefono 📞 (Historia del telefono)*

👤📞 *Quién Creo el Primer Teléfono de la Historia* 📖. YouTube. Retrieved November

4, 2024, from <https://www.youtube.com/watch?v=hcFN762h0eg>

Untitled. (n.d.). Comisión Nacional Forestal | Gobierno | gob.mx. Retrieved November 4,

2024, from

https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/MANUAL_PARA_LA_CONSTRUCCION_SUSTENTABLE_CON_BAMBU.PDF

Untitled. (n.d.). National Geophysical Data Center. Retrieved November 4, 2024, from https://www.ngdc.noaa.gov/stp/space-weather/online-publications/miscellaneous/us-standard-atmosphere-1976/us-standard-atmosphere_st76-1562_noaa.pdf

Uso y aplicaciones de los imanes en la vida cotidiana. (2023, March 24). AimanGZ. Retrieved November 4, 2024, from <https://aimangz.es/blog-sobre-imaness/utilidades/aplicaciones-imaness-uso-vida-cotidiana>

Vidrio común - Grabado y marcado láser de vidrio común | ULS es-us. (n.d.). Universal Laser Systems. Retrieved November 4, 2024, from <https://www.ulsinc.com/es/materials/vidrio-com%C3%BAn>

X, L. (2002, December 12). *Sobre lentes, espejuelos, anteojos, gafas o antiparras*. SciELO España. Retrieved November 4, 2024, from https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0365-66912002001200010&script=sci_arttext&lng=en

X, L. (2021, August 19). *La historia de las gafas*. Oftalmologo Vigo. Retrieved November 4, 2024, from <https://oftalmologovigo.com/la-historia-de-las-gafas/>