

# EL MUSEU DE L'ELECTRICITAT

QUADERN DIDÀCTIC. EDUCACIÓ SECUNDÀRIA



## PRESENTACIÓ

El Museu de l'Electricitat es va inaugurar l'any 2009 i s'ubica a l'avinguda de la Bartra s/n, a la planta baixa de la central hidroelèctrica de FEDA (Forces Elèctriques d'Andorra) a Encamp. Una central que es va posar en funcionament l'any 1934 i que encara és la principal font de producció d'energia elèctrica d'Andorra. Dins el museu es pot veure part del complex hidroelèctric que fou renovat a partir del 1988. Aquesta renovació va ser impulsada per FEDA que va millorar les infraestructures existents i que a posteriori, va aprofitar una planta de l'antiga central hidroelèctrica on hi havia les antigues oficines administratives, el taller i el quadre de comandament elèctric, per ubicar el nou centre museístic.

L'espai ha integrat la central hidroelèctrica, de la qual es veuen les turbines que generen electricitat, en el recorregut museístic tot mostrant un discurs que posa de relleu la importància de l'energia elèctrica en la vida quotidiana i en el desenvolupament econòmic, social i cultural d'Andorra.

Aquest material és una eina per al professorat i per a l'alumne a fi d'optimitzar la visita al Museu i aprofundir en els continguts que es mostren en cada àmbit. Es divideix en tres apartats: la previsita, la visita al museu i la postvisita acompanyada d'una proposta de recursos per saber-ne més. L'estructura del dossier permet treballar cada apartat de manera autònoma o de manera interrelacionada.

## OBJECTIUS

- Donar a conèixer el paper de les companyies FHASA i FEDA, en el desenvolupament de les infraestructures d'Andorra.
- Incidir en la importància de l'energia elèctrica com a motor del desenvolupament econòmic, social i cultural del país.
- Explicar l'evolució històrica de l'energia elèctrica a Andorra.
- Proporcionar als alumnes els elements bàsics per conèixer els conceptes, tipus i usos de l'energia i com aquests s'apliquen en el camp de l'electricitat.
- Apropar-se a la història d'Andorra valorant-ne el patrimoni industrial.
- Incidir en la importància de les energies renovables en el nostre present i futur.
- Explicar les propietats de l'energia.
- Connectar l'escola amb el museu com a espai de reflexió i intercanvi.

## ENSENYAR I APRENDRE

Aquest dossier parteix d'una noció constructiva de l'aprenentatge. Entenem per aquest concepte que l'aprenentatge és una producció activa de significats en relació amb el propi bagatge, més que no pas una concepció receptora dels temes a tractar. És per això que les activitats que proposem durant la previsita, la visita i la postvisita volen incidir en el coneixement significatiu valorant els coneixements previs, la reflexió, el desenvolupament de l'esperit crític i el qüestionament. Són activitats que propicien la interrelació dels coneixements, el treball en equip, la resolució de problemes i el coneixement interdisciplinari.

Per tal d'organitzar les situacions d'ensenyament-aprenentatge des d'una perspectiva globalitzadora i relacional, plantejarem una metodologia a partir de preguntes-problema que els alumnes hauran de desenvolupar en cadascun dels apartats plantejats. Aquestes preguntes-dilema que proposem en la previsita, en la visita al museu i en la postvisita permetrà als alumnes endinsar-se en el contingut de diferents àrees curriculars i fomentarà un aprenentatge en què els continguts són transferibles. Aquesta metodologia pretén afavorir la motivació respecte del tema a tractar, a partir del coneixement compartit, la investigació, la formulació d'hipòtesis, la conversa i la posada en comú.



Façana principal del Museu de l'Electricitat. © FEDA



#### ACTIVITATS PREVISITA

La pregunta-problema que ens permetrà començar a investigar serà:

- En quina mesura les condicions de la concessió a mans privades de l'aprofitament hidroelèctric dels rius i llacs d'Andorra, varen suposar el gran canvi cap a la modernització i obertura cap a l'exterior de la Vall?

## ABANS D'ANAR AL MUSEU. ACTIVITATS PREVISITA

La previsita ajuda a situar els coneixements previs, concepcions i interessos al voltant del tema que seran confrontats amb els nous coneixements que a partir d'un debat a l'aula, els alumnes tinguin interès a treballar.

### ANDORRA A COMENÇAMENTS DEL SEGLE XX

Andorra fins pràcticament principis del segle XX, va tenir un desenvolupament econòmic basat en les indústries tradicionals, sobretot la llana, el ferro, la fusta i el tabac. El transport de mercaderies, tant el legal com el no legal, va suposar per altra banda un dels pilars de l'economia tradicional andorrana. Tanmateix es tractava d'una economia rural, molt limitada per una geografia que dificultava les comunicacions amb l'exterior. En els primers anys del segle XX, varen ser molts els andorrans que van emigrar cap a Barcelona i sud de França, a la recerca de la millora de les condicions de vida que oferien aquests països. A partir dels anys 20 i lligada amb el creixement industrial, la presència d'andorrans a Barcelona serà especialment rellevant.

Paral·lelament a aquest fenomen d'emigració andorrana i coincidint amb les creixents necessitats d'electricitat de les àrees urbanes industrialitzades es va originar la construcció d'embassaments i centrals hidroelèctriques a les valls dels Pirineus. Andorra es un país muntanyenc on trobem més de 60 llacs, una orografia que afavoria l'aprofitament de la força de l'aigua per produir electricitat. Així a principis del segle XX es varen crear petites centrals elèctriques que principalment servien per produir energia elèctrica per a ús industrial ja fos a les aserradores, molins fariners o a les fàbriques de tabac. Concretament, la primera central important va ser la de les Anelletes construïda l'any 1909 per la Tabacalera Andorrana que subministrava energia per al seu funcionament així com per a l'enllumenat nocturn d'Andorra la Vella i Escaldes l'any 1913 i, més tard, d'Encamp i La Massana i d'Ordino l'any 1920.

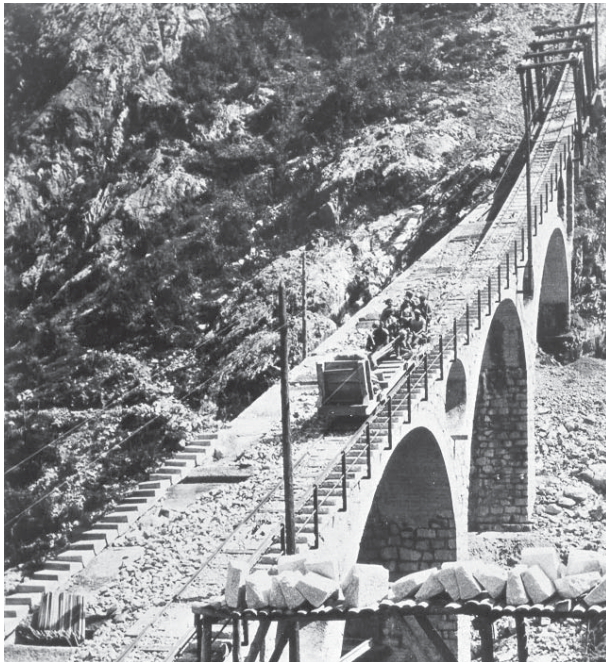
### LA CREACIÓ DE LA CENTRAL HIDROELÈCTRICA D'ENCAMP I LA SEVA REPERCUSSIÓ EN EL CREIXEMENT DE LA ZONA

El subministrament elèctric i les infraestructures viàries andorranes eren clarament insuficients a la dècada dels anys vint. Per tal de solucionar la situació, l'any 1929 el Consell General de les Valls d'Andorra i els Coprínceps d'Andorra van atorgar la concessió per a l'aprofitament hidroelèctric dels rius d'Andorra a l'empresa privada FHASA<sup>1</sup>, iniciant-se un procés d'inversió de capital bàsic per a la modernització del país. La concessió tenia com a contrapartida que FHASA construís o ampliés les carreteres des d'Andorra la Vella al Pas de la Casa i Ordino a fi de trencar l'aïllament que patien determinades zones del país. Així, la concessió es va fer tenint en compte la necessitat primordial de construir infraestructures i xarxes de carreteres que acabessin amb l'aïllament en què es trobava la Vall. Es van fer totes les obres entre 1929 i 1935. En acabar-les Andorra s'havia transformat. Tenia enllumenat i energies suficients per a les indústries i les carreteres permetien circular des d'Andorra cap a França i Espanya sense entrebancs. El Principat va passar

<sup>1</sup> Forces Hidroelèctriques Andorranes S.A.



Central en construcció 1932. © FEDA



Pont Tresoles en construcció 1932. © FEDA

de ser una petita comunitat rural d'uns 3.500 habitants, a un país amb recursos demogràfics i econòmics que auguraven el seu desenvolupament. Per dur a terme totes aquestes obres tant del complex hidroelèctric com d'infraestructura viària, es va necessitar una gran organització i l'arribada d'un gran nombre d'immigrants del nord-oest i sud d'Espanya. Es va crear el primer Banc d'Andorra per fer front a la gestió de pagaments de tots els implicats, una primera línia telefònica des de la Seu d'Urgell i un Servei d'Ordre (1931), antecedent del cos de policia integrat per sis membres. Tot plegat va impulsar l'economia local, de tal manera que gairebé totes les cases d'Andorra varen participar d'una manera o altra en aquest procés ja fos llogant habitatges i mules, subministrant materials i aliments, o participant-hi com a peons. Si considerem que en el moment de més ocupació van arribar al país més d'un miler d'immigrants, cosa que gairebé suposava un 30% de la població andorrana d'aquell moment, podem imaginar-nos el gran canvi social, econòmic i cultural que va això comportar.

Fins als anys 60 les necessitats energètiques varen estar cobertes per la producció elèctrica de la central, però calien noves inversions que la Societat no materialitzava. En aquest cas les autoritats andorranes van optar per rescatar la concessió de FHASA i crear la nova empresa FEDA. L'any 1988 es va signar l'acord i des d'aleshores FEDA ha invertit constantment en la millora de les infraestructures, creant-ne de noves o restaurant i reformant les ja existents.



#### PER REFLEXIONAR

- Investiga quina va ser la primera fàbrica andorrana important que va aprofitar la força del riu.
- Fes una investigació sobre la immigració a Andorra a començaments de segle, procedència i causes d'aquesta.
- Investiga si en la vostra família, o amics pròxims, la construcció de la central hidroelèctrica andorrana va tenir alguna repercussió.
- Quines creus que són les vies de comunicació més importants d'Andorra? Per què?
- De quina manera explicaries que l'Andorra actual és conseqüència de la construcció de la central?
- Cerca informacions sobre altres centrals hidroelèctriques dels Pirineus i quina ha estat la seva repercussió en la zona.



#### ACTIVITATS VISITA

La pregunta-problema que haureu de plantejar-vos i que ens permetrà continuar el nostre procés d'ensenyament-aprenentatge és la següent:

- Quines creus que són les conseqüències de l'actual política de consum energètic al món? Creus que se n'haurien d'impulsar de noves? Per què?

## LA VISITA AL MUSEU DE L'ELECTRICITAT - ACTIVITATS DURANT LA VISITA

El segon eix d'aquest material se centra en la visita al museu, en la qual es treballaran diferents aspectes: l'energia, les fonts d'energia, el futur de les energies renovables i el funcionament de les centrals hidroelèctriques així com la construcció de la central hidroelèctrica d'Encamp i el seu present. Finalment en l'espai educatiu d'experimentació podrem descobrir les diferents lleis de l'electricitat.

La visita al museu es divideix en quatre blocs que estan relacionats amb una pregunta d'enllaç que ens conduirà al següent àmbit per tal d'introduir-nos en la seva temàtica.

El primer bloc **Una central hidroelèctrica convertida en museu** ens situa a l'interior del museu i ens presenta la central hidroelèctrica d'Encamp com a motor de l'economia d'Andorra. A continuació a **Tot és energia**, s'introduirà el concepte d'energia i l'aprofitament de les seves principals fonts. En el tercer bloc, **El futur es troba en les renovables** s'explicarà la importància de les energies renovables i els processos per produir-les. Ens centrarem en el funcionament de les centrals hidroelèctriques, explicant les infraestructures necessàries per a la producció d'electricitat a les centrals hidroelèctriques i el seu paper dins del subministrament global d'aquesta. Finalment a l'**espai d'experimentació** podrem comprovar en diferents taules, algunes propietats de l'electricitat i reflexionar sobre algunes de les seves lleis.

### UNA CENTRAL HIDROELÈCTRICA CONVERTIDA EN MUSEU

El Museu de l'Electricitat es troba a la planta baixa de la central hidroelèctrica d'Encamp des d'on es pot observar, a la sala de les turbines, dos grups hidràulics en funcionament amb turbines Pelton<sup>2</sup>.

La col·lecció del museu acull diferents mecanismes que integraven la central en els seus inicis, com per exemple aparells manuals d'acoblament, comptadors electromecànics dels anys 40 i 60, cables, així com documentació de l'època.

Aquest complex hidroelèctric d'Encamp, encara en funcionament, va començar a produir energia elèctrica el 6 d'agost de 1934. La central es va construir aquí després de cercar l'emplaçament més idoni, concretament uns enginyers van sobrevolar Andorra en avioneta fent fotografies per poder-lo localitzar. D'aquesta manera van trobar un lloc amb unes condicions naturals gairebé ideals: un llac natural, el d'Engolasters, amb un desnivell important de 490 metres, anomenat salt d'Escaldes. El Consell General d'Andorra cedia l'explotació de l'aprofitament hidroelèctric dels rius i llacs d'Andorra, amb la condició que la companyia privada FHASA, es comprometés a la millora i construcció d'infraestructures viàries. Aquesta visió de futur va ser decisiva en el posterior creixement de la Vall. En total es van construir un total de 41 quilòmetres de carreteres, 3 túnels

<sup>2</sup> El seu nom ve perquè varen ser ideades per Pelton, un enginyer de mines nord-americà, i es distingien perquè els àleps estaven dissenyats amb forma de doble cullera.



Presa Juclar. © FEDA

i 11 ponts, a més de totes les infraestructures necessàries per al funcionament de la central hidroelèctrica. Aquestes obres van comportar un gran esforç d'enginyeria i logística. Era una època en què les infraestructures i la tècnica eren encara molt deficitàries al país. Gairebé tots els treballs tècnics d'enginyeria provenien de Barcelona, de la mateixa manera que peces i materials qualificats eren fabricats fora d'Andorra.

Per tal que el complex hidroelèctric funcionés es va fer una canonada forçada entre el llac i la central amb una llargada de 1.250 metres i fins a 1,80 metres de diàmetre. Altres de les infraestructures necessàries que es van construir alhora foren: el dic d' Engolasters, un funicular per transportar el material necessari per fer el dic i la canonada forçada, la presa de Ransol i el canal entre Ransol i Engolasters, a més de la presa del llac de Juclà i de la Cabana Sorda. També es va fer la línia d'alta tensió amb 167 torres metàl·liques, al llarg de 27 quilòmetres, que havia de servir per exportar l'electricitat a Adrall (Espanya), ja que només el 10% de la seva potència era destinada al consum intern. El projecte inicial preveia que es construïssin tres salts d'aigua en total, el d'Escaldes, el de Sispony i el d'Arcavell, però l'esclat de la República espanyola, la Guerra Civil i la Segona Guerra Mundial més tard ho varen interrompre, construint-se només el primer. Aquests temps convulsos van coincidir amb la construcció de la central. Concretament la proclamació de la Segona República espanyola i les transformacions polítiques i socials que es desencadenaren varen tenir la seva repercussió en el país. En aquell moment a Andorra no existia una legislació laboral ni tampoc el dret a celebrar reunions o mítings i les vagues estaven prohibides. Una legislació que no va evitar que, coincidint amb la proclamació de la República l'any 1931, es convoqués la primera vaga dels treballadors de FHASA. Una vaga breu però secundada per quatre-cents obrers per protestar per l'acomiadament d'un company. Amb tot això van començar uns anys de reivindicacions laborals que van culminar amb dues vagues generals convocades l'any 1933. Concretament, la primera va ser convocada el mes d'abril del 1933 i la segona del 26 d'agost al 21 de setembre del mateix any. Aquestes vagues van tenir lloc alhora que es produïen diferents reivindicacions per aconseguir més independència política i administrativa, un període denominat per alguns historiadors com la Revolució Andorrana. Durant aquests mesos conflictius el Consell General va intentar independitzar-se dels Coprínceps i va proclamar la plena sobirania el 5 d'abril. Un intent que van aturar de manera contundent els Coprínceps que van enviar el 19 d'agost un destacament de la gendarmeria francesa d'uns 50 homes per restablir l'ordre públic. Un cop restablert l'ordre a inicis d'octubre, el dia 9 la policia francesa va retornar cap a França. Arran d'aquests fets es va concedir el sufragi universal masculí als majors de 25 anys.

Malgrat tots aquests esdeveniments la central va començar a funcionar l'any 1934 i podem afirmar que aquesta construcció va representar per a Andorra un gran desenvolupament. Un cop acabades les obres, l'any 1935, el Principat tenia una infraestructura viària completa que permetia les comunicacions amb l'exterior, tenia energia elèctrica pròpia, un banc, un cos de policia i una línia telefònica amb l'exterior. Per tant, podem parlar d'una injecció econòmica indubtable que va afectar tothom d'una manera o altra, però que també va comportar unes reivindicacions polítiques i socials.

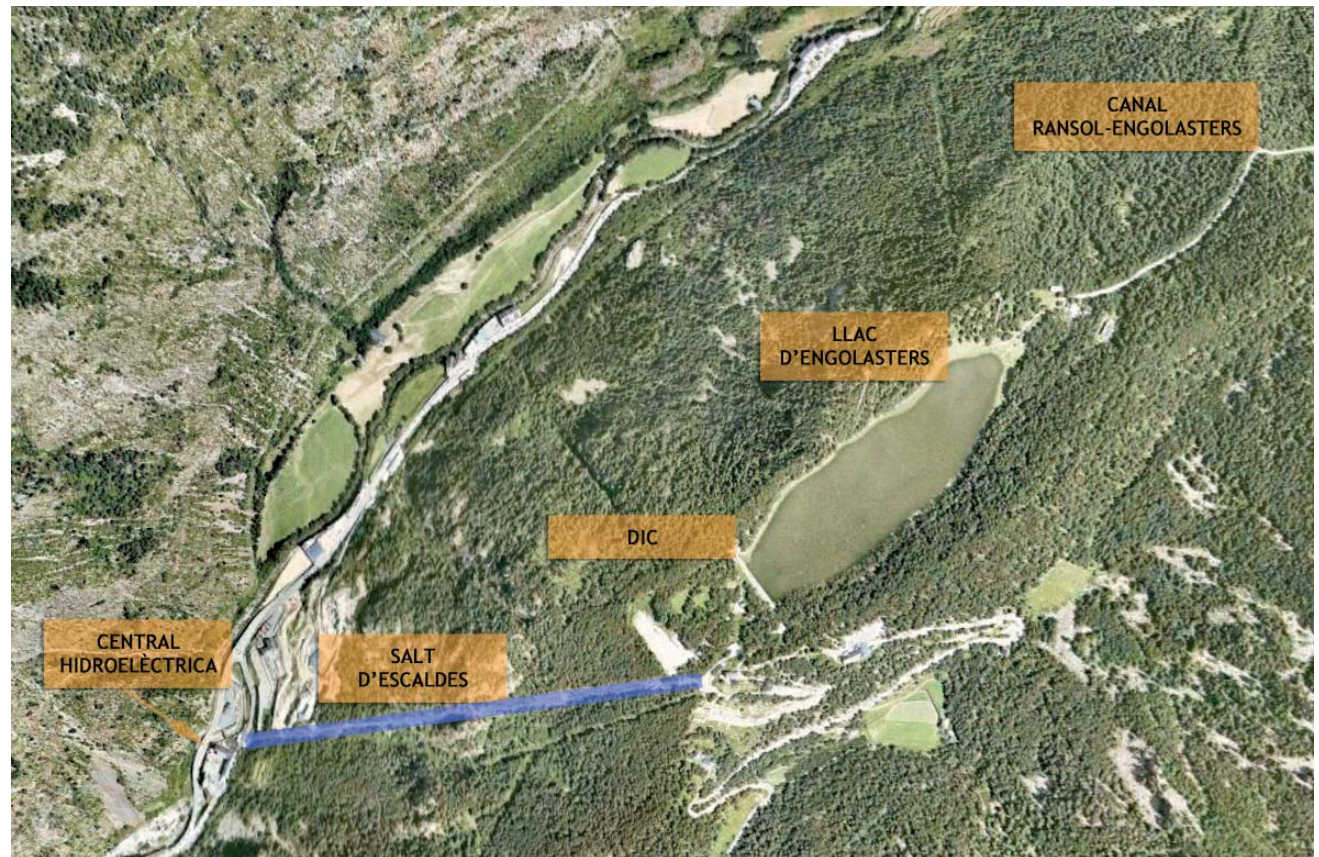
Entre el 1940 i el 1944 es va construir un nou canal, el Madriu, i la presa de Ràmio que permetia derivar l'aigua del riu Madriu cap al llac d'Engolasters per tal d'augmentar la producció elèctrica. Una producció



#### PER REFLEXIONAR

- Observa el mapa de l'any 1925 exposat al museu. Com era el país en aquell moment? Com t'expliques que en només cent anys el creixement d'Andorra hagi estat tan sorprenent?

que en gran part s'exportava cap a Espanya i cap a França fins a inicis dels anys seixanta. El gran creixement d'Andorra va fer capgirar aquesta situació i en comptes d'exportar energia, el país la consumia tota i a més n'havia d'importar. A fi de permetre el creixement energètic del país es va haver de construir a finals dels anys seixanta la primera subestació, la d'Encamp, així com les corresponents línies de mitjana tensió per distribuir de manera òptima l'energia pel Principat. Tanmateix, el creixement imparable d'Andorra i l'arribada del turisme han portat a la situació actual en què aquesta central hidroelèctrica produeix, importa i distribueix l'electricitat a la major part del territori andorrà, encara que només un 15% del consum elèctric d'Andorra es produeix aquí i la resta s'ha d'importar des de França i Espanya.



Imatge © 2010 Àrea de Cartografia del Govern d'Andorra.



#### PER REFLEXIONAR

- Per què creus que l'energia elèctrica és la que més ha contribuït al desenvolupament tecnològic dels últims cent anys?
- A partir de les dades del gràfic reflexiona sobre què ens indiquen les previsions de creixement energètic a Europa.
- Per què creus que les energies renovables també es denominen energies alternatives?

## TOT ÉS ENERGIA!

L'energia és un fenomen natural que es troba a tot arreu i pren diferents formes. El Sol, la Terra i la Lluna, són els tres grans generadors de l'energia.

El Sol, és la principal font d'energia del planeta Terra, ens proporciona energia calorífica i lumínica de manera directa, totes dues necessàries perquè s'hi desenvolupi la vida. També és l'origen d'altres fonts energètiques, com la biomassa, l'eòlica i la hidroelèctrica.

La Terra és un altre dels generadors d'energia. Al seu nucli s'hi duen a terme diferents processos que generen unes grans quantitats de calor. De fet, la geotèrmia n'és un exemple clar: aprofita la calor interna de la Terra com a font d'energia. Un altre exemple és la dels combustibles fòssils, com ara el petroli i el gas.

Finalment, la Lluna també es considera una important font d'energia ja que l'atracció d'aquest satèl·lit provoca el moviment de les mareas, que són l'origen de l'energia mareomotriu.

Encara que el concepte d'energia és difícil de definir, a tots ens resulta familiar. Una de les definicions podria ser la capacitat dels cossos per realitzar un treball (mecànic, emetre llum, generar calor...). El concepte que cal tenir en compte és que l'energia no es destrueix, sinó que es transforma. Així podem dir que de l'energia cinètica en podem obtenir energia elèctrica, i d'aquesta la lumínica, i de la lumínica la calorífica ...

L'aprofitament de les fonts d'energia ha estat clau en el desenvolupament de la humanitat. Però, què són les fonts d'energia? Per aconseguir l'energia que consumim hem d'obtenir-la de cossos que la tinguin emmagatzemada. Són aquests cossos els que anomenem fonts d'energia. D'aquests cossos podem aprofitar l'energia de manera directa o a través d'una transformació.

Les fonts es poden classificar per la seva forma d'utilització o per si són renovables o no. Segons les formes d'utilització poden ser primàries, secundàries i útils. Les primàries són les que no s'han sotmès a cap tipus de transformació. Les fem servir tal com les trobem a la natura (carbó, gas, petroli, hidràulica, eòlica, solar...).

Les secundàries o finals provenen de la transformació de les anteriors. Així per exemple trobem l'electricitat, querosè, gasoil... Les energies útils són les que realment obté l'usuari per al funcionament de les maquinàries. Pertanyen a aquest grup l'energia lumínica que ens dona una bombeta, la calorífica que ens dona un radiador de calefacció...

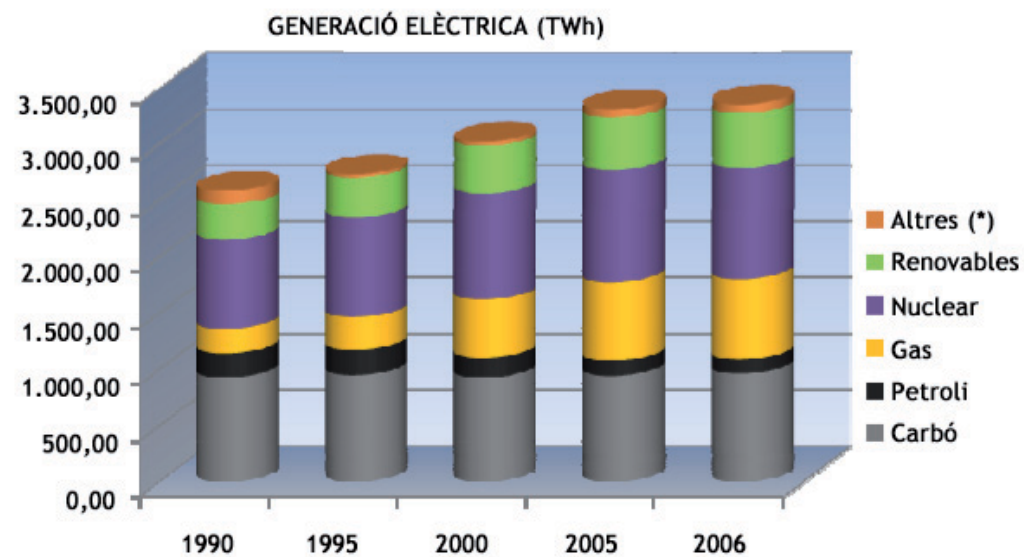
Les fonts d'energia també es poden classificar com a renovables o no renovables, que es distingeixen entre elles pel fet que la quantitat disponible de les segones és limitada. Les primeres tenen un potencial inesgotable, ens arriben per la radiació solar, per l'atracció de la lluna i l'aprofitament d'elements naturals. És el cas de l'energia eòlica, hidràulica, solar... Les segones triguen molt a generar-se, molt més del que triguem a consumir-les. En aquest grup hi ha les procedents dels combustibles fòssils com el petroli, el gas i dels combustibles minerals com l'urani i el carbó.

Malgrat tot, encara que en les previsions de futur s'aposti per les energies renovables, el consum actual mostra encara una gran dependència de les energies no renovables, com ens indica el següent gràfic de previsió de consum d'energia primària entre l'any 2000 i el 2011.

	1990	1995	2000	2005	2006
<b>Generació elèctrica (TWh)</b>	<b>2.583,60</b>	<b>2.732,75</b>	<b>3.020,93</b>	<b>3.309,06</b>	<b>3.354,02</b>
Carbó	927,49	947,41	925,22	941,34	960,45
Petroli	214,97	224,56	180,40	139,12	131,85
Gas	215,89	294,93	512,03	692,71	707,25
Nuclear	794,87	881,82	944,99	997,70	989,88
Renovables	310,05	356,13	422,31	464,19	489,21
Altres (*)	120,32	27,90	35,97	74,00	75,39

Font: European Commission Energy (Publicacions)

[http://ec.europa.eu/energy/publications/statistics/doc/2009\\_energy\\_transport\\_figures.pdf](http://ec.europa.eu/energy/publications/statistics/doc/2009_energy_transport_figures.pdf)



(\*)Plantes d'emmagatzemament i bombeig. Altres estacions d'energia

És possible que a llarg termini les fonts d'energia no renovables s'esgotin, per això cal conscienciar-nos que el futur es troba en les energies renovables.

## EL FUTUR ES TROBA EN LES ENERGIES RENOVABLES



Roda de la turbina situada al peu de la canonada. © FEDA

Actualment gran part de l'energia que consumim prové de combustibles fòssils com el petroli, el carbó i el gas ja que tenen una alta capacitat energètica. Aquests provenen de la transformació de matèria orgànica dipositada en grans quantitats en fons marins o geològics i que van quedar soterrades sota capes de sediments fa milers d'anys. L'ús d'aquests combustibles fòssils té dos importants problemes: en primer lloc, la seva disponibilitat està limitada i en segon lloc, la seva combustió genera efectes nocius per al medi ambient, és a dir, contaminen.

Progressivament, en els darrers decennis s'està produint un canvi de mentalitat per tal que la humanitat aprofiti de manera respectuosa els recursos disponibles. Es promou un consum responsable i la utilització en major proporció de les energies renovables. L'augment del preu del petroli i altres matèries primeres, així com l'estudi dels seus efectes nocius per al medi ambient, estan influïent en l'augment de la participació de les energies "netes" o renovables.

Les energies renovables utilitzen com a energia primària l'energia hidràulica (aprofitament de l'energia de l'aigua), l'energia eòlica (aprofitament del potencial del vent), l'energia solar: tant en ús tèrmic (escalfament de fluids) com en ús fotovoltaic (producció d'energia elèctrica), l'energia geotèrmica i les energies mareomotrius (les onades, les mareas i els corrents marins). També s'ha de incloure la biomassa, tot i que en usar-la es desprèn  $\text{CO}_2$  a l'atmosfera, aquest  $\text{CO}_2$  representa la mateixa quantitat que es desprendria en el procés natural de descomposició de la matèria orgànica.

Per produir energia elèctrica es fan diferents transformacions energètiques: en la majoria de casos la primera és la transformació de l'energia primària en energia mecànica cinètica (moviment de la turbina), i d'aquesta, en energia elèctrica. Hi ha excepcions, com el cas de l'energia solar fotovoltaica que aprofita la propietat de materials semiconductors per produir corrent elèctric a partir de la llum del sol, sense la intervenció de turbines.

Les màquines encarregades de transformar l'energia primària en energia mecànica cinètica s'anomenen **turbines** i es mouen per aigua, gas, vapor, etc. Els **alternadors** són els encarregats de transformar en energia elèctrica l'energia cinètica produïda per la turbina. I finalment els **transformadors** que incrementen el voltatge d'aquesta energia elèctrica a alta tensió i en corrent altern, ja que quant més alt és el voltatge, menys energia elèctrica es perd durant el seu trasllat mitjançant les línies de transport. Aquestes línies, a continuació, la conduiran a les línies de distribució on es reduirà la tensió del corrent a mitjana i baixa tensió fins arribar als centres distribuïdors i d'aquí als consumidors.

Les primeres centrals hidroelèctriques es varen construir fa més de cent anys, mentre que les centrals solars (1953 la primera) i les centrals eòliques van començar a funcionar fa només uns cinquanta anys.

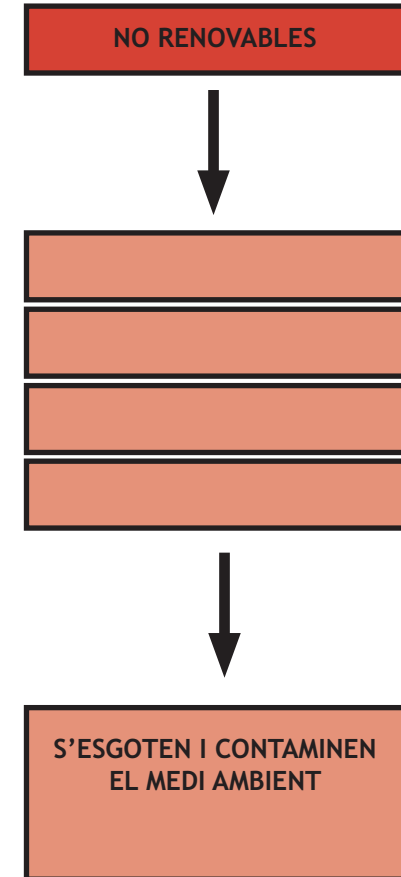
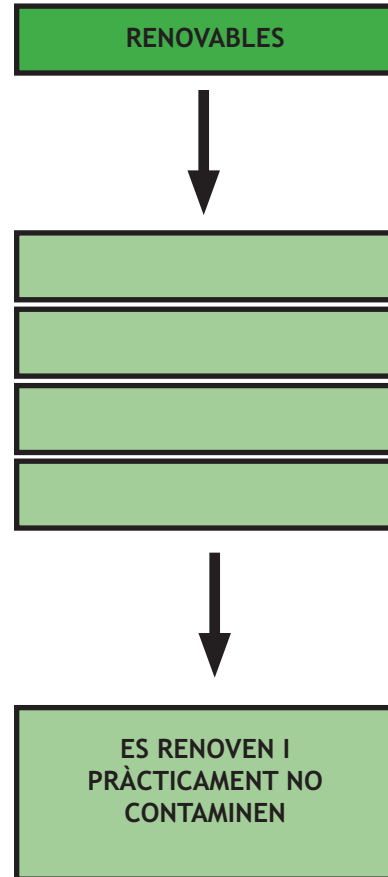


### PER REFLEXIONAR

- Com podem contribuir a un consum responsable d'electricitat en el nostre dia a dia?
- Què entenem per energia renovable i no renovable? Quins creus que són els avantatges i inconvenients de la utilització d'unes i altres?
- Enumera al quadre algunes de les fonts d'energia renovable i no renovable que coneguis.



Central Hidroelèctrica Encamp any 1934. © FEDA





### PER REFLEXIONAR

- Mario Gaviria, sociòleg i Premi Nacional de Medi Ambient del 2005, afirma que la hidroelèctrica és la millor de les tècniques de generació elèctrica. Quins creus que són els avantatges de l'aplicació de l'energia hidroelèctrica? Raona la resposta.
- Quins tipus d'energia participen en el funcionament d'una central hidroelèctrica? Raona el perquè.
- L'energia potencial gravitatòria és l'energia que tenen els objectes a causa de la seva posició (per ser a una determinada altura). Per tant depèn de la massa i de l'altura.

$$E_{pg} = mgh$$

$E_{pg}$ =energia potencial gravitatòria;  $m$ =massa d'un objecte;  $g$ =acceleració de la gravetat;  $h$ =alçada des de la que pot caure un objecte.

- D'aquestes dues situacions: Un home de 80 k en un trampolí a 5 m d'altura o un test de 4 k llançat des d'un globus aerostàtic a 100 m d'altura. Quina creus que genera més energia potencial gravitatòria?
- Concepte d'energia cinètica: És l'energia que posseeix un objecte pel fet d'estar en moviment. Tot cos en moviment en té, i la quantitat d'energia cinètica depèn de la seva massa i sobretot de la seva velocitat.

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2$$

$E_c$ =energia cinètica (joules);  $m$ =massa (kg);  
 $v$ =velocitat (m/s)

- La velocitat influeix més que la massa. Calcula l'energia cinètica que tindrà un camió circulant o una pilota de golf llançada en un cop de swing.

Objecte	Massa	Velocitat
Camió	5.000 K	80 Km/h
Bola de golf	0,049 K	300 Km/h

Ens trobem en una central hidroelèctrica on podràs observar el procés de transformació de l'energia primària de l'aigua en electricitat. Però, com genera electricitat una central hidroelèctrica? Quina infraestructura és necessària?

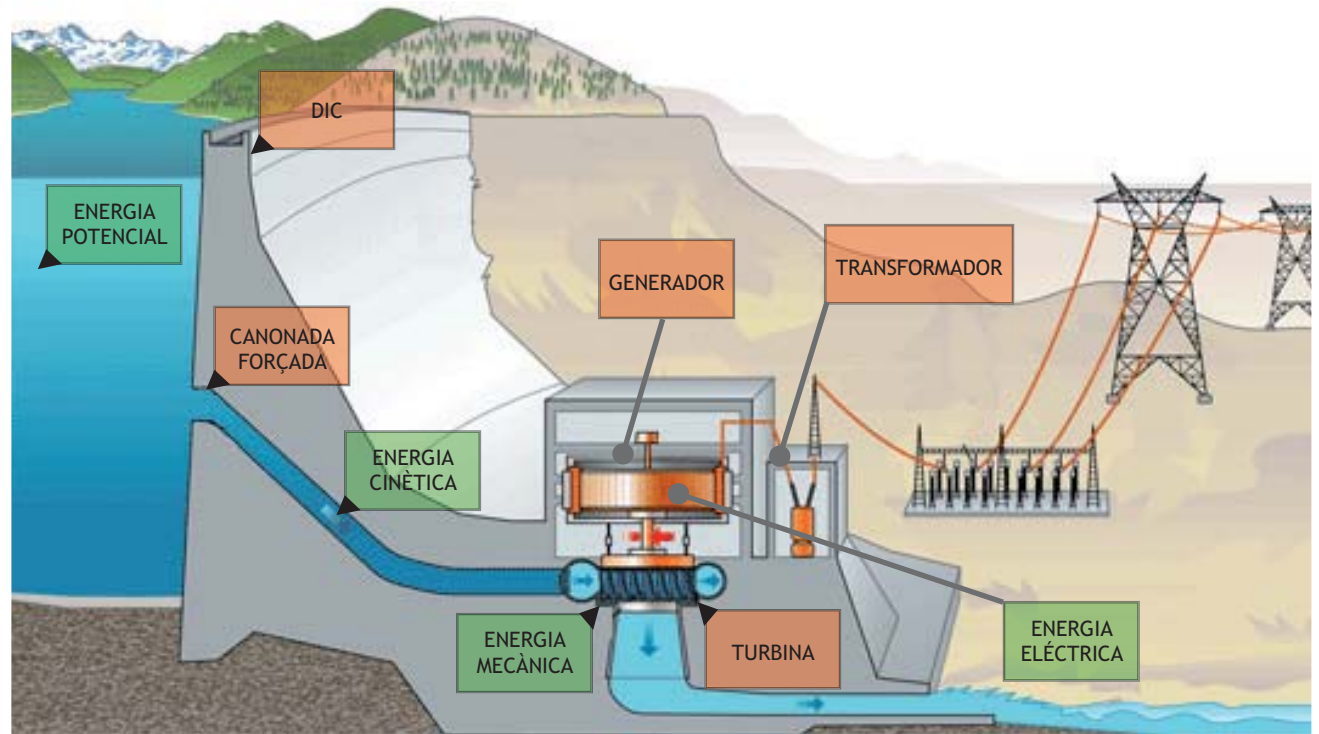
Una central hidroelèctrica és aquella que s'utilitza per a la generació d'energia elèctrica aprofitant la força de l'aigua dels rius. Per obtenir energia de l'aigua necessitem un cabal regular, però com que la potència que porta el riu no sol ser constant ni a vegades suficient, s'ha de modificar el seu recorregut i emmagatzemar l'aigua en un embassament. Per poder establir un salt d'aigua es construeix un dic, o mur de contenció, a una determinada altura més elevada que la central. En aquest punt l'aigua adquireix **energia potencial**, que és la que tenen emmagatzemada els cossos. Aquesta aigua cau per una canonada forçada a gran velocitat i transforma l'energia potencial en **energia cinètica**. És a dir, l'energia que té un cos en moviment. A més circulació d'aigua i a més desnivell podem obtenir més producció d'energia elèctrica. Quan arriba a les turbines, situades a la sala de màquines de la central hidroelèctrica, l'aigua mou els àleps i genera un moviment de rotació en els eixos d'aquestes. L'**energia cinètica** es converteix en **energia mecànica** que és la suma de l'energia potencial i cinètica. Aquest moviment es transmet als alternadors i genera energia elèctrica. Posteriorment els transformadors converteixen aquesta **energia elèctrica** en corrent d'alta tensió, per poder transportar-lo a través de cables elèctrics fins als consumidors.

L'energia elèctrica produïda no es pot emmagatzemar, sinó que s'ha de distribuir immediatament per la xarxa elèctrica. Les centrals hidroelèctriques poden regular la producció d'energia mitjançant unes vàlvules situades a la canonada forçada, tancant-la si la demanda d'electricitat cau. Per tant aquestes centrals són ideals per a les puntes de demanda elèctrica.

Avui dia les centrals hidroelèctriques representen aproximadament una quarta part de la producció mundial de l'electricitat. Una xifra que va en augment per les seves virtuts de sostenibilitat. Les hidroelèctriques es consideren com la millor de les tècniques de generació elèctrica. Són ràpides, flexibles, fiables i netes (no emeten  $CO_2$  al medi ambient). És la primera font d'energia renovable desenvolupada a gran escala.



Tub del salt d'Escaldes. ©FEDA



Preses Juclar. © FEDA



Ransol. © FEDA

## ESPAI D' EXPERIMENTACIÓ

Ens endinsem en l'àrea més pràctica del museu. Aquí trobarem diferents taules amb les quals experimentarem algunes de les propietats de l'electricitat. Si observes amb atenció veuràs que formen part de la teva vida quotidiana.

### TAULA: "ESTÀS ENERGÈTIC?"

#### Electricitat per fricció:

Les friccions entre dos cossos fan variar les càrregues elèctriques entre ells, apropiant-se l'un dels electrons de l'altre.

- Per què després de mantenir la mà en el cilindre que gira, en tocar la punta metàl·lica, notem una petita descàrrega?. Què ha produït la punta metàl·lica en el nostre cos al tocar-la?

#### Pila humana:

Observant aquesta taula pots recordar el funcionament d'una pila i com el nostre cos funciona també com una pila. Cal recordar que les piles bàsicament són dos elèctrodes metàl·lics submergits en un líquid, sòlid o pasta que s'anomena electròlit. L'electròlit és un conductor de ions.

Quan els elèctrodes reaccionen amb l'electròlit, en un dels elèctrodes (l'ànode) es produeixen electrons (oxidació), i en l'altre (cànode) es produeix una reducció d'electrons (reducció). Quan els electrons restants de l'ànode passen al cànode a través d'un conductor extern a la pila es produeix un corrent elèctric.

Com podem veure, en el fons es tracta d'una reacció d'oxidació i una altra de reducció que es produeixen simultàniament.

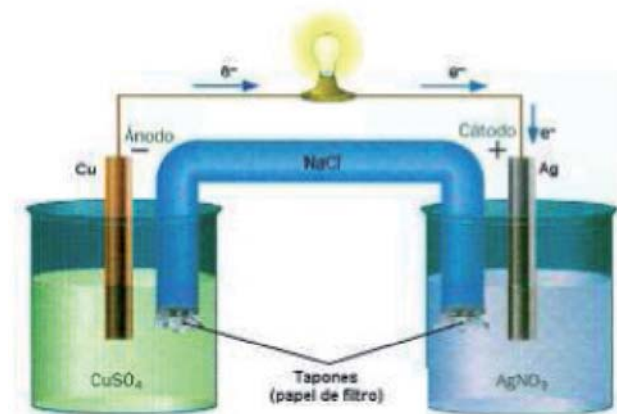
La primera pila elèctrica fou inventada per l'italià Alessandro Volta (1745-1847) l'any 1800. Era una pila feta a base de discos apilats de zinc i coure separats uns dels altres amb trossos de cartó o de feltre, impregnats d'aigua i sal gruixuda. Per primera vegada l'energia química es transformava en energia elèctrica.

- Com justifiques que el nostre cos tingui energia elèctrica? Què fa que la nostra pell reaccioni d'una manera o altra en entrar en contacte amb diferents metalls?

### TAULA: "GENERANT"

#### Generador de Kelvin:

El generador de Kelvin produeix electricitat amb un mètode molt curiós. Aprofitant la força de la gravetat aconsegueix corrent elèctric de l'aigua amb un alt voltatge, tal com va demostrar Lord Kelvin el 1867.



- D'on obté l'aigua l'energia per fer espurnejar el tub de neó? De quin tipus de font d'energia es tracta?

#### **Motor homopolar:**

En aquesta taula descobrim el motor homopolar, basat en la inducció electromagnètica. Aquest és el fenomen que origina la producció d'una força electromotriu (FEM) en un ambient o cos exposat a un camp magnètic variable, o bé en un ambient mòbil respecte d'un camp magnètic estàtic. És així que, quan aquest cos és un conductor, es produeix un corrent induït. Aquest fenomen fou descobert per Michael Faraday (1791-1867) que ho va expressar indicant que la magnitud del voltatge induït és proporcional a la variació del flux magnètic (Llei de Faraday). El que es comprova en aquest experiment és que l'electricitat fa variar la posició dels electrons, produint el moviment d'un imant. Aprofitant aquesta característica s'aconsegueix el funcionament dels motors elèctrics, tal com va demostrar al 1836 André Marie Ampère en fabricar un senzill motor elèctric. El més emprat consisteix en una bobina de cable de coure que estigui a prop d'un imant. Al fer passar electricitat per la bobina varia la seva càrrega d'electrons (càrrega negativa) cosa que fa que es repel·leixi de l' imant produint moviment.

- Per què s'aconsegueix el moviment giratori de l' imant?. Explica com podem transformar energia elèctrica en energia mecànica. Podríem transformar l'energia mecànica en elèctrica? Posa'n un exemple.

#### **Rotació i generació d'electricitat:**

Quan es mou un imant a prop d'un fil conductor es crea un corrent elèctric. La producció d'un corrent elèctric a través d'un camp magnètic s'anomena inducció electromagnètica.

- Què fa l'imant amb els electrons de la bobina de coure? En aquesta central elèctrica, on creus que podem trobar aquest procés?

### **TAULA: "ELECTROCURIOSITATS"**

#### **Conductors i aïllants:**

Els materials conductors deixen circular el corrent elèctric amb facilitat i en canvi els aïllants no permeten que circuli. Dintre dels materials conductors, uns tenen millor conductivitat que d'altres. Els que tenen menys conductivitat és perquè fan que a l'electricitat li costi més de passar (provoca resistència). La resistència elèctrica és la dificultat que ofereixen els diferents materials al pas del corrent elèctric. Quanta més resistència elèctrica tingui un cos, menys intensitat de corrent hi podrà circular.

- Comprova si els materials són aïllants o conductors. De quins factors depèn la resistència elèctrica d'un material?

#### **Com més consum més esforç:**

Aquesta taula ens permet observar la llei de Joule. Es coneix com a efecte Joule el fenomen pel qual si amb un conductor circula corrent elèctric part de l'energia cinètica dels electrons es transforma en calor a causa dels xocs que pateixen amb els àtoms del material conductor per on circulen, augmentant la seva temperatura. El nom s'ha atorgat honorant el físic britànic que el va descobrir: James Prescott Joule. Mitjançant la llei de Joule podem determinar la quantitat de calor que és capaç d'emetre una resistència, aquesta quantitat de calor dependrà de la intensitat del corrent que hi circula, del valor de la resistència i de la quantitat de temps que estigui connectada. Podem explicar la llei de Joule dient que la quantitat de calor emesa per una resistència és directament proporcional al quadrat de la intensitat del corrent, del valor de la resistència i del temps

$$P = R \times I^2$$

$$Q = P \times T$$

P és la potència; R és la resistència; I és la intensitat; T és el temps; Q és l'energia

L'exemple més quotidià és el de les bombetes de llum. Les bombetes incandescentes (les més convencionals), al treballar a través d'un filament, que és una resistència, només produeixen un 5% d'energia lumínica del total d'energia consumida. La resta es converteix en energia calorífica. Si ens fixem en les bombetes tipus Led, al no tenir filament, el 95% de l'energia consumida es converteix en energia lumínica. Ho podem comprovar en tocar les bombetes incandescentes ja que ens cremem. Les Led pràcticament no s'escalfen i n'obtenim la mateixa llum.

- Si t'hi fixes, a casa tens molts aparells elèctrics que funcionen amb resistències. Posa tres exemples d'aquests aparells. Per què creus que aquests utilitzen les resistències?



Espai experimentació. Museu de l'Electricitat. © FEDA

mitjançant una agulla imantada que es desviava al ser col·locada en direcció perpendicular a un conductor elèctric. Amb aquesta experiència descobrim com mesurar la intensitat i el voltatge de l'electricitat, ja que com més alta sigui la intensitat elèctrica, l'agulla imantada s'aproparà més a una de les bobines de coure i ens indicarà el valor del fluid elèctric.

#### TAULA: "EXPERIMENTA"

##### El levitador de grafit:

Aquí pots comprovar que existeixen materials que es comporten a la inversa que l'atracció d'un imant. En comptes de produir una atracció, els cossos es repel·len. Amb l'ajuda de l'electricitat podem aconseguir-ho. Les aplicacions més comunes de la levitació magnètica són els trens Maglev (o de levitació magnètica), el rodament industrial magnètic i la levitació de productes per a la seva exposició comercial.

- El tren Maglev o de levitació magnètica actualment és el tren comercial més ràpid del món. Per què creus que és més ràpid el tren de levitació que el convencional?

##### Laberint elèctric:

Amb aquest experiment comprovem el funcionament dels interruptors. Aquests deixen passar l'electricitat quan hi ha contacte entre els materials conductors. Quan no hi ha contacte, es trenca el circuit i el llum no s'encén.

- Com expliques el funcionament dels interruptors?

##### L'experiència d'Oersted:

L'experiència presentada per el físic i químic danès Oersted (1777-1851) l'any 1820 va demostrar l'existència d'un camp magnètic del corrent elèctric (electromagnetisme)



Central en construcció 1932. © FEDA



### PER REFLEXIONAR

Després d'haver experimentat amb les diferents taules, reflexiona i justifica a quina propietat elèctrica associaries les següents propostes:

- Com expliques que els adhesius puguin enganxar-se a un vidre sense pega?



- Quin és el sistema que permet el funcionament del motor dels cotxes d'*Scalextric*?



- I els interruptors del llum de la teva habitació?



- I la pantalla tàctil d'un *iPhone*?



- I la dinamo del llum d'una bicicleta?



- Per què els cables elèctrics de casa van folrats de material plàstic?



- Explica per què un voltímetre ens indica la intensitat i el voltatge elèctric.



- Per què quan la bateria del cotxe està molt baixa afegim àcid al seu interior?





### ACTIVITATS POSTVISITA

La pregunta-problema que haureu de plantejar-vos i que ens permetrà concloure el nostre procés d'ensenyament-aprenentatge és la següent:

- Si gran part de l'energia que encara consumim al món té el seu origen en les energies no renovables, com podem plantejar un creixement energètic sostenible?
- Com creus es podria millorar el creixement energètic sostenible a Andorra?

## DESPRÉS D'ANAR AL MUSEU. ACTIVITATS POSTVISITA

El tercer eix d'aquest material se centra en el treball a realitzar a l'aula després de la visita al museu. Té com a finalitat relacionar tot l'après i donar eines per continuar la investigació amb d'altres propostes.

### Proposta 1. T'imagines un món sense electricitat?

Desenvolupa per escrit deu activitats de la vida quotidiana i explica com les desenvoluparies sense electricitat. Quins materials i recursos no elèctrics utilitzaries per poder portar-les a terme i quins elements de canvi suposarien per al nostre avenç tecnològic i mediambiental.

Reflexiona sobre quins són els avantatges i inconvenients de l'aplicació de l'energia hidroelèctrica i compara'ls amb els d'altres fonts d'energia.

Avantatges de les centrals hidroelèctriques	Desavantatges de les centrals hidroelèctriques
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No requereixen combustible, sinó que utilitzen una forma renovable d'energia, constantment reposada per la natura i de forma gratuïta.</li> <li>• És neta, ja que no contamina ni l'aire ni l'aigua.</li> <li>• Sovint pot combinar-se i obtenir-ne altres beneficis com el rec, protecció contra inundacions, subministrament d'aigua, navegació, ornamentació del terreny i turisme.</li> <li>• Els costos de manteniment i explotació són baixos</li> <li>• La turbina hidràulica és una màquina senzilla, eficient i segura, que pot posar-se en marxa i detenir-se amb rapidesa i requereix poca vigilància, essent els seus costos de manteniment, generalment, reduïts.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Els costos inicials d'instal·lació són molt alts.</li> <li>• La seva ubicació, condicionada per la geografia natural, sovint està allunyada dels centres de consum i obliga a construir un sistema de transmissió d'electricitat, cosa que incrementa els costos d'inversió i manteniment i augmenta la pèrdua d'energia.</li> <li>• La seva construcció implica molt de temps a diferència d'una central termoelèctrica.</li> <li>• L'espai necessari per a l'emmagatzematge d'aigua a la presa inunda moltes hectàrees de terreny.</li> <li>• La disponibilitat d'energia pot fluctuar, d'acord amb el règim de pluges, d'estació en estació i d'any en any.</li> </ul>



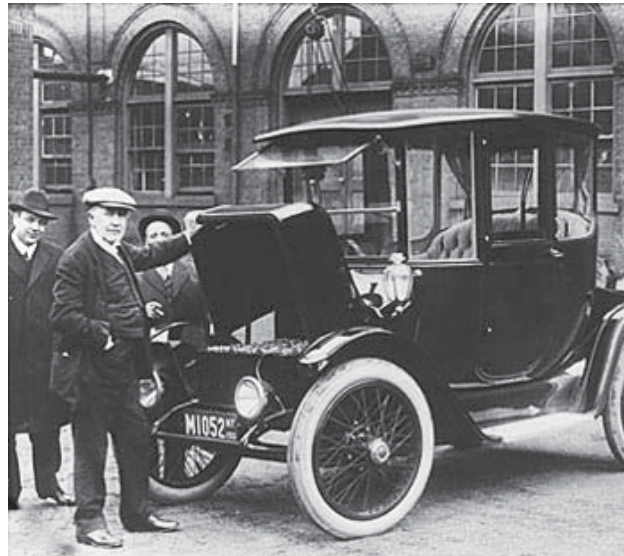
### ACTIVITATS POSTVISITA

La pregunta-problema que haureu de plantejar-vos i que ens permetrà concloure el nostre procés d'ensenyament-aprenentatge és la següent:

- Si gran part de l'energia que encara consumim al món té el seu origen en les energies no renovables, com podem plantejar un creixement energètic sostenible?
- Com creus es podria millorar el creixement energètic sostenible a Andorra?

## Proposta 2. Energia renovable versus interessos econòmics

Fixa't en aquestes dues fotografies:



Fotografia del 1913 on es pot veure Thomas Edison amb un cotxe elèctric.



Un vehicle elèctric carregant-se a la ciutat de Londres.

Partint del següent text, reflexiona sobre quins haurien estat els avantatges per al planeta de l'aplicació de l'electricitat a la indústria automobilística. Quines han estat les raons que no han possibilitat la seva producció massiva?

### El vehicle elèctric sempre ha existit

*El vehicle elèctric, però, no és cap novetat. Fa més d'un segle, als inicis de l'automòbil, hi havia més cotxes elèctrics que no pas de gasolina. A principis del segle XX però, la baixada de preu del petroli va permetre l'impuls dels vehicles de combustió i el vehicle elèctric va anar desapareixent del mercat. Als anys 90, arran dels problemes de contaminació atmosfèrica, es van impulsar diferents projectes per desenvolupar i comercialitzar el vehicle elèctric.*

*Probablement el cas més conegut és el de Califòrnia on l'any 1990 el CARB (California Air Resources Board), va aprovar una llei que obligava totes les empreses automobilístiques que venien cotxes a Califòrnia a comercialitzar algun model de vehicle elèctric. Durant els primers anys es van posar a la venda pocs vehicles elèctrics, però les expectatives dels usuaris de disposar de cotxes més còmodes i econòmics varen generar*



Cotxe elèctric

*importants llistes d'espera, la qual cosa feia pensar en un bon futur per al cotxe elèctric. Les empreses petrolieres, però, mai no van veure amb bons ulls aquesta iniciativa així que van fer pressió per retirar la llei. Cap a finals dels anys 90 ja no hi havia cap vehicle elèctric al mercat automobilístic de Califòrnia. Actualment, però, quan el canvi climàtic ja és una evidència, ha crescut la conscienciació social i la dependència del petroli amenaça les economies de la majoria de països, sembla que el vehicle elèctric agafa l'empenta definitiva per entrar al mercat automobilístic.*

### Proposta

A partir de la visualització del vídeo **Qui va matar el cotxe elèctric?** comenta la definició: "El desenvolupament és sostenible quan satisfà les necessitats de les generacions actuals, sense hipotecar les generacions futures".

### Debat a classe

Quines són les condicions que han dificultat l'aplicació de les energies alternatives en la vida quotidiana?

## BIBLIOGRAFIA I RECURSOS

- AA.VV.: Fuentes de energía para el futuro.  
Ministerio de educación política social y deporte. Madrid 2008
- AA.VV.: Iniciación a la física en el marco de la teoría constructivista.  
Ministerio Educación y ciencia. Madrid 1993
- AA.VV.: Electricidad y magnetismo.  
Ed. Síntesis S.A. Madrid 2000
- Belenguer, Ernest: Història d'Andorra. De la Prehistòria a l'Edat contemporània.  
Edicions 62. Barcelona 2005
- Castro Gil, M.; Sanchez Naranjo, C.: Energía. Monografías técnicas de energías renovables.  
Ed. Progensa. Sevilla 1997
- Franklin, Benjamín: Experimentos y observaciones de la electricidad.  
Alianza editorial. Madrid 1988
- Hann, Judith: Guía ilustrada para los amantes de la ciencia.  
Editorial Blume. Barcelona 1981
- Joseph Gual, Joan: Piles, bombetes, xips. Electricitat i electrònica.  
Graó editorial. Barcelona 1988
- Piorno Hernández, Ordaz; Oviedo, F: Energías renovables. Aproximación a su estudio.  
Amarú Ediciones. Salamanca. 1997
- Smil, Vaclav: Energías. Una guía ilustrada de la biosfera y la civilización.  
Ed. Crítica. Barcelona 2001
- Viennot, Laurence: Razonar en física. La contribución del sentido común.  
A. Machado Libros. S.A. Madrid 2002

### Recursos on line

<http://www.xtec.cat/~jdiez/webquest/tintin/recursos.htm>  
<http://www.xtec.cat/~rjosa/flash/electricitat.swf>  
<http://blocs.xtec.cat/electrotecnia123/>  
<http://www.geocities.com/SiliconValley/Program/7735/historia.html>  
<http://www.curiosikid.com/view/index.asp?pageMs=4854&ms=158>  
<http://clic.xtec.cat/projects/medinat6/jclic/elemag6/elemag6.jclic.zip>

### Història de l'electricitat

<http://www.youtube.com/watch?v=ySYeSiAEpiY>  
[http://www.juntadeandalucia.es/averroes/html/adjuntos/2009/06/30/0004/3\\_ID/index.html](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/html/adjuntos/2009/06/30/0004/3_ID/index.html)

### Qui va matar el cotxe elèctric?

<http://www.youtube.com/watch?v=qru0TkPnbwg>  
<http://www.xtec.cat/aulanet/ud/tecno/ielectriques/index.htm>

## QUESTIONARI

1. Què t'ha interessat més de la proposta de treball ? Per què?

2. Què t'ha interessat menys del material que et proposem? Per què?

3. Quines altres activitats t'haurien agradat trobar a la visita al museu?

4. Com ha canviat la teva visió sobre el que sabies de l'electricitat? I sobre la història d'Andorra?

5. Escribeu tres coses que hagi après:

a.

b.

c.

6. Què més t'agradaria investigar?

7. Hi ha alguna part de la visita o del material que t'ha resultat feixuga? Quina? Què canviaries?

8. Ajuda'ns a millorar el material! Fes-nos arribar alguna suggerència relativa al dossier, les activitats al museu, etc...

ENVIAR



MW MUSEU DE L'ELECTRICITAT  
Av. de la Bartra s/n  
Encamp  
ANDORRA  
Tel : +(376) 739111 - Fax : +(376) 739110  
museumw@feda.ad - www.museumw.ad

El museu de l'electricitat és una realització de FEDA  
© copyright FEDA

FRAGMENT, SERVEIS CULTURALS S.L.  
c. Princesa, 16 Pral. Zona  
08003 BARCELONA

Autores: Lola Ángeles i Amador, Núria Capdevila i Serrat

info@fragment.cat  
fragmentbcn@telefonica.net

<http://www.fragment.cat>

Telèfon: 933 106 700 - 932 955 541 - Fax: 932 955 541  
Mòbils: 659 419 030 - 646 228 837