

La màquina domèstica que produeix lleixiu.



Índex

1. Introducció.....	3
1.1. Plantejament.....	3
1.2. Hipòtesi.....	4
1.3. Objectius.....	4
1.4. Metodologia.....	5
1.5. Context.....	5
1.6. Conceptes generals.....	8
1.6.1. El lleixiu.....	8
1.6.2. L'electròlisi.....	9
1.6.4. Determinació de la quantitat de clor.....	10
1.6.5. Toxicologia del clor.....	13
2. Desenvolupament.....	14
2.1. Bloc d'experiments 1, primers passos.....	15
2.2. Bloc d'experiments 2, juguem amb el voltatge.....	21
2.3. Bloc d'experiments 3, juguem amb els elèctrodes.....	28
2.4. Bloc d'experiments 4, juguem amb la concentració.....	36
2.5. Bloc d'experiments 5, juguem amb la intensitat.....	42
2.6. Bloc d'experiments 6, juguem amb la resistència.....	50
2.7. Bloc d'experiments 7, posem a prova els resultats anteriors.....	53
2.8. Conclusions finals dels experiments.....	60
2.9. Disseny de la màquina.....	61
Projecte 1.....	61
Projecte 2.....	69
3. Conclusions.....	77
Agraïments.....	81
Bibliografia.....	82

1. Introducció

1.1. Plantejament

Al segle XXI, el clor és l'element més utilitzat arreu del món per potabilitzar aigua. Un dels derivats més utilitzats és l'hipoclorit de sodi (lleixiu). Existeix un procés molt simple i barat per produir clor anomenat electròlisi. El curs 2010-11, La Berta Pi Boleda ja en va fer un estudi i va establir que aquest procés permet l'elaboració de lleixiu a partir de quatre elements bàsics.

Tot i existir aquest procés tan simple i barat, actualment, hi ha 884 milions de persones al món que no disposen d'aigua potable i que pateixen tots els problemes de salut i qualitat de vida que això comporta. El 26 de juliol del 2010, l'ONU va declarar el dret a l'aigua potable com a un dret humà bàsic. Cada dia moren 24.000 nens en els països en desenvolupament per a causa d'ingerir l'aigua contaminada.¹ La principal causa per la que no es pot potabilitzar l'aigua amb lleixiu és l'alt preu que en fan pagar per ella.

Avui en dia a Catalunya, un litre del lleixiu normal i corrent no arriba a valdre 24 cèntims. En canvi si donem la volta al món i anem a buscar un litre de lleixiu a un poble del Senegal, el lleixiu ens costaria uns 600 francs, que vindria a ser 1 euro. Aparentment, aquesta diferència no sembla gaire quantitativa per haver de construir una màquina que produeixi lleixiu. Sens dubte, cal tenir en compte que a l'estat espanyol el salari mínim interprofessional² que al 2012 és de 641,40 euros al mes. Per tant, un ciutadà espanyol que cobri el salari mínim interprofessional té accés al lleixiu per una mica menys del 0,04% del seu sou mensual. Aquest fet, és molt diferent a la situació del Senegal ja que allà, el salari mínim interprofessional³ és de 147,86 euros al mes. Això suposa que un litre de lleixiu té un valor un 0,7% del seu sou. No sembla gaire, però en realitat l'augment és de 17 vegades.

1 PI BOLEDA, Berta. El lleixiu: una substància indispensable per ala vida. Granollers 9 de desembre 2010.

2 EMBAJADA ESPAÑOLA [document en pdf]. Legislación laboral. <<http://www.oficinascomerciales.es/icex/cma/contentTypes/common/records/view>> [Consulta: 5 de febrer 2012].

3 MINISTERIO DE EMPLEO I SEGURIDAD SOCIAL [document en pdf]. Quantitat de salari mínim. <<http://www.meyss.es/es/informacion/smi/contenidos/RD188811.pdf>> [Consulta: 7 de febrer].

Aquesta diferència de preus ja és prou significativa per si sola però encara hi ha un agent que també s'ha de tenir en compte. A Europa, la concentració de clor actiu del lleixiu que es troba en l'envàs groc del mercat és de 40g/L. En canvi al Senegal la concentració és de la meitat, uns 20g/L de clor actiu.

Amb tots aquests indicis, és normal que els senegalesos no utilitzin el lleixiu a l'hora de clorar aigua, netejar les seves llars, netejar la roba,...

Per aquest motiu, i per el motiu de poder intentar millorar la qualitat de vida d'una població que ho necessita, ens plantejem la següent hipòtesi de treball.

1.2. Hipòtesi

La nostra hipòtesi de treball és la següent:

“És possible construir una màquina que produeixi lleixiu de manera sistemàtica.”

Per poder contrastar la hipòtesi ens plantejem una sèrie d'objectius.

1.3. Objectius

Els objectius principals que ens proposem abans de començar la nostra recerca són:

- Optimitzar el mètode de l'electròlisi estudiat anteriorment per la Berta Pi Boleda.
- Fabricar diversos prototips de màquina per una futura aplicació en un poble del Senegal.

Ens hem plantejat uns objectius específics que ens ajudaran a concretar en la investigació; i de manera més concreta, els objectius específics són:

- Estudiar l'electricitat que cal aplicar a la reacció per tal d'obtenir una millor qualitat del lleixiu.

- Estudiar diferents tipus de materials per a la construcció de la màquina i seleccionar-ne els més adients.
- Simplificar i abaratir al màxim el procés de construcció de la màquina.

La metodologia de treball que seguirem ens ajudarà a anar assolint els diferents objectius proposats.

1.4. Metodologia

Cal tenir clares les bases teòriques del treball abans de començar a fer qualsevol experimentació. Hem d'entendre i dominar el mètode de producció de lleixiu a partir de l'electròlisi. Això comporta saber quatre nocions bàsiques sobre el lleixiu. A més a més, també hem de saber les característiques del poble on pretenem posar en pràctica els nostres resultat de la investigació.

La metodologia que utilitzarem en aquest treball pràctic estarà basada en la realització de diferents experiments o proves. Cada un d'aquest experiments ha de tenir uns petits objectius amb un fonament teòric i posteriorment hi haurà una breu conclusió, la qual ens anirà donant les pistes per anar construint, i retocant la màquina amb més precisió.

Finalment haurem de fer un recull de totes aquestes petites pistes individuals per poder construir una màquina sòlida , robusta i el més econòmica possible.

1.5. Context

La idea de construir una màquina que fes lleixiu de manera sistemàtica era un bon tema pel nostre treball de recerca. Sintetitzar lleixiu a partir d'aigua i sal i poder arribar a formar clor per poder fer potable l'aigua del subsòl africà era la manera de poder prevenir infeccions i malalties que venen donades per l'ús d'aigua en males condicions. Totes aquestes idees van incitar-nos a dedicar el treball de recerca a l'estudi de la producció de clor per part d' un simple procés com és l'electròlisi.

Aquest treball de recerca pretén ser una continuació del treball realitzat per la Berta Pi El curs 2010-2011. Ella va estudiar el procés de l'electròlisi i va aconseguir fer lleixiu de manera molt rudimentària. A les acaballes del treball, se'n va adonar que no disposava de més temps per assolir tots els objectius que prèviament s'havia plantejat. Havia estat estudiant l'aplicació del lleixiu en un poble del Senegal en el qual ja va donar bons resultats. Però faltaven millores. Per aquesta raó va plantejar diferents línies de continuació. Que van ser les nostres inspiracions.

El Senegal

L'objectiu principal d'aquest treball és poder crear una màquina que produeixi lleixiu de manera sistemàtica a partir de l'electròlisi perquè en algun poble del Senegal gaudir d'aigua potable a les seves llars.

La Berta Pi ja va portar a la pràctica els resultats obtinguts en el seu treball, a la població de Haër (M'lomp) sud del Senegal (Fig. 1). En aquesta població existeix una organització anomenada ASC "Les Criquets"(associació que ja porta més de quaranta anys reunint al joves de la zona que cuiden del benestar del seu poble i tracten d'enriquir-los amb tot allò que els afecta a nivell de cultura i educació.)⁴

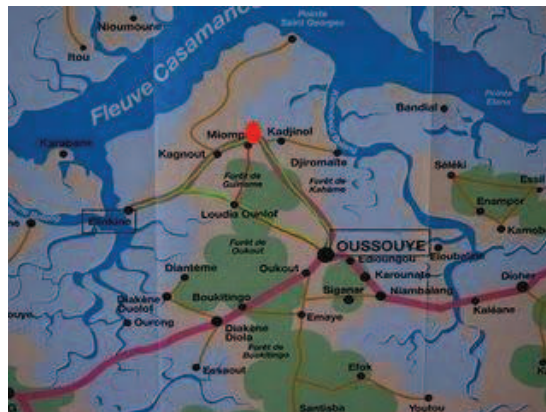


Fig. 1: Situació geogràfica de Haër /
Font: Blog Bafalay

⁴ BAFALAY [en línia]. Projectes. <<http://bafalay.blogspot.com.es/p/projectes-en-execucio.html>> [Consulta: 29-09-1]

Dinamització Cultural i Econòmica de Haër és un projecte pensat i empres per l'ASC amb la col·laboració i l'assessorament de Bafalay, (ONG catalana nascuda l'any 2003 que té per objectiu la promoció de projectes de desenvolupament local al Senegal)⁵. Aquest projecte va permetre que l'any 2006 la construcció del Casal de Joves. Tenien com a objectiu que la cultura i l'economia de Haër (M'lomp) prosperés.



Fig. 2: Centre jove / Font: Blog Bafalay

Al setembre del 2010 va ser inaugurat el local propi per a la realització d'activitats educatives, culturals, esportives, musicals i de promoció econòmica (Fig.2).

Tot i així, la manca de serveis bàsics del Senegal i dels països veïns fan que en el rànquing mundial IDH (índex de desenvolupament humà), el Senegal ocupi el lloc 155 de 187 possibles. (Fig. 3)⁶

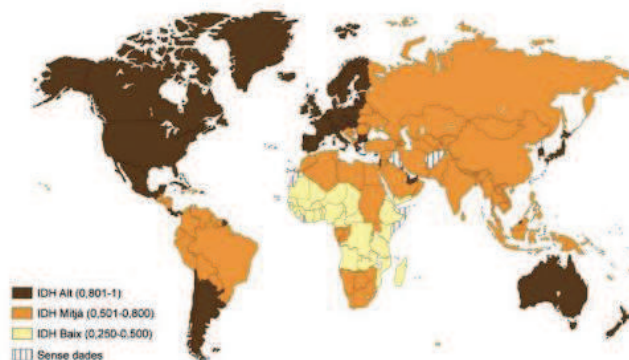


Fig. 3: IDH mundial / Font: Índice del desarrollo mundial 2011

⁵ BAFALAY [en línia]. Qui som. <<http://bafalay.blogspot.com.es/p/qui-som.html>> [Consulta: 29-09-1]

⁶ WIKIPÈDIA [en línia]. Índice de desenvolupament humà. <http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_Human_Development_Index> [Consulta: 15-09-12]

Dins del context senegalès, a la regió d'Hukut i M'lomp (Fig. 1) hi ha una gran manca de serveis essencials, com ara l'aigua potable, la salut, l'electricitat a les llars, les comunicacions o l'educació. Afegida a la inexistència de centres especialitzats (ambulatoris, escoles, potabilitzadores, etc.), la falta de recursos per al manteniment fa que moltes instal·lacions ja existents siguin molt poc operatives.

Per aquest motiu l'associació Bafalay es proposa un projecte que té com a objectiu crear un taller de producció de lleixiu a partir de la electròlisi, a la població de M'lomp.⁷

1.6. Conceptes generals.

Prèviament a la realització del cos del treball, hem de tenir en compte alguns temes de caire teòric per poder entendre i comprendre com funciona l'electròlisi. En què consisteix, on tenim en ment aplicar els resultats... A més a més, també és necessari el fonament teòric per després dur a la pràctica, veure què falla, per què i com ho podem millorar.

1.6.1. El lleixiu

El lleixiu no és res més que una solució d'hipoclorit de sodi (NaOCl). Aquest es forma a partir de l'àcid hipoclorós (HClO).

Si ens remuntem al passat de l'antiga Roma, les bugaderies d'aquell temps utilitzaven aigua calenta amb cendres per blanquejar la roba. D'aquesta mescla, en deien "aigua lixiva". D'aquí prové la paraula lleixiu. Això no era res més que un blanquejant de roba.

Va ser en plena revolució francesa que el químic Claude-Louis Berthollet (1748-1822) va fer els primers experiments amb clor. Va revolucionar el món de la rentada amb el seu hipoclorit de potassi, a aquest líquid l'anomenaren l'aigua de Javel (eau de Javel). Va ser venuda per tot França. El lleixiu continuava sent simplement un blanquejant. No va

⁷ BAFALAY [document intern en pdf]. *Projecte Haër 2010*. [Consulta: 29-09-1]

ser fins l'any 1820 que el químic i farmacèutic de l'armada francesa Antoine-Germain Labarraque (1777- 1850) en descobrí les propietats desinfectants. Canvià el potassi pel sodi i n'estudià els resultats. Va descobrir que aquesta modificació, aturava els processos de putrefacció de mucoses.

L'any 1985, el lleixiu s'establí com a desinfectant més potent de virus. Va ser l'Institut Pasteur de França que va descobrir la seva capacitat de destrucció davant el virus de la SIDA.⁸

1.6.2. L'electròlisi

L'electròlisi consisteix en la transformació química produïda pel pas del corrent elèctric. En el cas nostre, utilitzem clorur de sodi (sal) dissolta en aigua (H₂O). Aquest procés és una manera simple de sintetitzar lleixiu.

Prèviament al treball de camp, cal tenir en compte quatre conceptes bàsics sobre el fonament teòric de la reacció.

L'electròlisi salina consisteix en separar els elements químics que formen la solució mitjançant dos elèctrodes connectats a una font d'alimentació. Durant la reacció, es formen dos ions: el clor (Cl⁻) i l'hidrogen (H⁺). L'anió clorur tendeix a anar cap a l'ànode (elèctrode connectat al pol positiu) i el catió d'hidrogen cap al càtode (elèctrode connectat al pol negatiu).⁹

⁸ ATL GESTIÓN *Breve historia de la lejía* [en línia] <<http://www.atl-gestion.com/PRIVADO/lejia.htm>> [Consulta: 15/09/12]

⁹ FACULTAD DE QUÍMICA [en línia]. Electrólisis. <www.fq.uh.cu/qf/uclv/infoLab/practics/practicas/Electrolisis/teoria.htm> [consulta: 3/4/12]

¹⁰ PI BOLEDA, Berta. El lleixiu: una substància indispensable per a la vida. Granollers 9 de desembre 2010

La reacció és la següent:



En la reacció hi ha diversos factors que intervenen en el resultat. Els tres més importants són:

- La concentració de sal
- El corrent elèctric
- El temps

Depenent de les variables d'aquest tres elements la reacció desenvolupa un resultat diferent.

1.6.4. Determinació de la quantitat de clor.

Com hem esmentat en l'apartat 1.6.2. l'electròlisi produeix lleixiu. Aquest conté clor, que és l'element que realment cal tenir en compte. Per determinar la quantitat de clor que s'ha format en el procés de reacció, hem canviat per complet el mètode utilitzat en el treball anterior per la Berta Pi i Boleda. Ella va utilitzar la valoració del lleixiu per determinar la quantitat de lleixiu que formava l'electròlisi. Aquest procés comporta portar a terme moltes mesures aplicant els sentits humans (deixar caure gota a gota una solució de tiosulfat de sodi fins que la dissolució agafa un groc pàl·lid, tirar iodat de potassi fins que es torni marró...). La realització d'aquestes valoracions requereix molta precisió, seguretat, experiència i són possibles molts errors. És per aquest motiu i per què vam tenir la possibilitat d'utilitzar un altre mètode més segur, senzill, còmode i pràctic que vam fer el canvi de mètode.

Va ser gràcies al consell de Maria del Mar Diaz Mercado (llicenciada en química) que vam decidir utilitzar un petit espectrofotòmetre amb els reactius adients per tal de fer el procés molt simple i ràpid.

Busquem informació sobre aparells que detecten el clor total, i amb l'assessorament de la senyora Diaz, ens decantem pel free chlorine checker de la marca Hanna (Fig. 4). Aquest, és comparat per la senyora Diaz al seu laboratori amb un espectrofotòmetre molt precís "Spectroquant NOVA 60 de la marca Merck". Aquesta comparació determina que la medicació feta pel free chlorine checker és molt exacte. Tenia un error del 0%.¹¹



Fig. 4: free chlorine HANNA /
Font: elaboració pròpia



Fig. 5: reactius / Font: elaboració pròpia

Aquest aparell funciona amb dos reactius diferents (HI93701A-T i HI 93701B-T), com podem veure en la Fig. 5. Si només n'utilitza'm el primer, obtenim el clor lliure. En canvi utilitzant-ne els dos, el que n'obtenim és el clor total. Aquest clor total és el que ens interessa a nosaltres ja que el lleixiu sempre es mesura amb clor total.

Aquest aparell està dissenyat per fer un seguiment del clor de dissolucions amb molt poca concentració (l'aigua corrent de l'aixeta, aigües de piscina...). Les empreses que utilitzen aquets aparells, el que volen, és una gran precisió. Per poder donar aquestes prestacions, els paràmetres han d'oscil·lar entre les 0,00ppm i les 2,50ppm de clor (parts per milió). En grams per litre són 0,0025g/L.

¹¹ HANNA [en línia]. *Instruments*. < <http://www.hannainst.co.uk/> > [Consulta: 26-07-12]

Com que el lleixiu té concentracions molt més altes a aquets paràmetres (en el treball anterior no és van superar els 20g/L) i el nostre espectrofotòmetre no està preparat per llegir tantes parts per milió, hem de dissenyar un procés de dissolució de la nostra mostra.

Suposem que com a molt, aconseguim un lleixiu de 20g/L (20.000 ppm) i, el màxim que pot llegir l'espectrofotòmetre és 2,5 ppm. Només cal que diluïm la solució de tal manera que 20.000 ppm quedin diluïdes a ser 2,5 ppm. Per tant:

$$\frac{20gCl_2}{1L NaOCl} \times \frac{20gCl_2}{1L NaOCl + xL H_2O} = \frac{0,0025gCl_2}{L}$$

$$1L NaOCl + xL H_2O = \frac{20gCl_2}{\frac{0,0025g}{L}}$$

$$x = 7.999L H_2O$$

Ara sabem que la dissolució s'haurà de fer com a mínim a 1NaOCl: 7999H₂O (per cada unitat de lleixiu, l'haurem de diluir en 7999unitats d'aigua).

Per simplificar les coses, els 7999 unitats de H₂O, els passarem a 1L. Per tant:

$$\frac{1}{7.999} = \frac{0,000125}{1}$$

Per cada litre d'aigua, necessitem 0,000125L o 0,125ml del lleixiu sintetitzat. Com que necessitem menys d'un mil·lilitre del lleixiu produït per dissoldre en un litre d'aigua i no tenim cap aparell que mesuri amb exactitud aquest valor, hem procedit a calcular les gotes de lleixiu que necessitem. Per fer-ho fem el següent:

Pipetegem 2 mil·lilitres d'aigua amb la bureta volumètrica i els precipitem dintre d'un vas de precipitats molt sec (és important que estigui molt sec). A continuació procedim a pipetejar-los amb la pipeta Pasteur (sense deixar-ne ni una gota). Passem un paper de cuina pel vas de precipitats comprovant que ha quedat completament sec. Ara ja només falta comptar les gotes que hi ha en aquests dos mil·lilitres.

Repetim el recompte fins a 5 vegades.

Recompte 1	Recompte 2	Recompte 3	Recompte 4	Recompte 5
41	38	39	40	41

Taula 1: recomptes de gotes / Font elaboració pròpia

Fent-ne la mitjana:

$$\text{Mitjana} = \frac{41 + 38 + 39 + 40 + 41}{5} = \frac{199}{5} = 40 \text{ gotes}$$

$$\text{Error absolut} = 40 \pm 2$$

$$\text{Error relatiu} = \frac{2}{40} \times 100 = 5\%$$

Obtenim que cada mil·lilitre són 20 gotes.

Lavors, si necessitem 0,125ml perquè el lector Hanna ho detecti entre els seus paràmetres i sabem que cada mil·lilitre són 20 gotes, si només utilitzem 2 gotes (0,1ml), sempre obtindrem una concentració inferior al màxim que el lector pot llegir, sempre i quan aquesta no passi de 20g/L.

1.6.5. Toxicologia del clor.

A l'apèndix d'aquest treball podem trobar el full de dades internacional de la seguretat del clor. Per prevenir possibles danys físics, prèviament a la utilització de la màquina de clor, hem de conèixer la seguretat d'aquest. En cas d'accident (ja sigui per inhalació, corrosió...) s'hauria de consultar aquest full i seguir les seves instruccions.

2. Desenvolupament

Una vegada estudiada la teòrica, procedim a estructurar la part més pràctica del treball. Aquesta la dividim en un total de set blocs en que en cada un d'aquests estudiarem diferents variables que modifiquen els resultats de l'electròlisi.

L'estructura la plantejarem d'aquesta manera:

1. Primers passos.
2. Juguem amb el voltatge.
3. Juguem amb els elèctrodes.
4. Juguem amb la concentració.
5. Juguem amb la intensitat.
6. Juguem amb la resistència.
7. Posem a prova els resultats dels anteriors blocs.

Dintre de cada bloc, realitzarem una sèrie d'experiments amb una mateixa estructura:

1. Variables fixades de cada experiment: Per cada experiment fixarem unes dades. En cada experiment les anirem canviant.
2. Resultats: Seran les lectures del free chlorine checker (Fig. 4) en diverses unitats.
3. Discussió dels resultats: Observacions extretes de cada experiment individualment.

Un cop establert aquests patrons, ja ens podem centrar en els procediments.¹²

¹² Totes les figures, taules i gràfiques de l'apartat dels experiments són elaborades per l'autor del treball.

2.1. Bloc d'experiments 1, primers passos.

En aquest primer bloc inicial, l'objectiu principal és comprovar que realment la reacció de l'electròlisi funcionava.

Per procedir als experiments, es va dissenyar un suport (Fig. 8) per tal que els elèctrodes quedessin fixos.

El material del suport ha de ser fàcil de treballar, i que no reaccionés ni es degradés amb el clor. Per aquests motius vam creure que la fusta era el material ideal ja que és completament natural i fàcil de manipular.

No va ser fins més tard que ens vam adonar que la fusta flotava. Aquest fet no ens permetia treballar. Ens vam plantejar diverses alternatives però la més ràpida i pràctica era augmentar la densitat del suport. Per fer-ho, vam buidar l'interior del suport i en vam incorporar un cargol d'acer inoxidable.

Per tal que l'acer inoxidable no entrés amb contacte amb la reacció, i no es degradés per l'acció del clor, es va tapar amb silicona de tal manera que quedava aïllat de la solució per una capa de 0,5 cm de silicona.

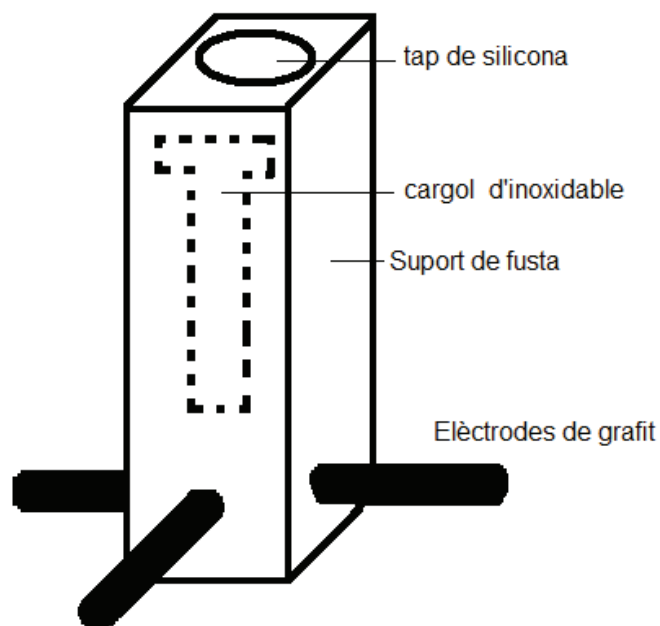


Fig. 6: esquema suport de fusta (escala 1:3)

Un cop solucionat el problema de la densitat del suport (Fig. 1), procedim a realitzar els experiments.

Experiment 1.1:

Intentem reproduir l'experiment que es va establir com a òptim en el treball anterior.

Variables fixades	
Concentració de Sal	0,5Kg de Sal en 2L d'aigua de l'aixeta (25%)
Voltatge	12V
Ànode	Material: Coure Forma: planxa de 1,5 x 3 x 0,2
Càtode	Material: Grafit Forma: cilindre de 8mm de diàmetre i 50mm d'altura. Nombre d'elèctrodes: 1

Taula 2: variables fixades de l'experiment 1.1

Resultats:

Fem la lectura amb el free chlorine checker i obtenim uns resultats molt baixos (2ppm).

Discussió dels resultats

La quantitat de clor és pràcticament inexistent. La reacció ha agafat un color primer verd (Fig.7) i després taronja. Creiem que és a causa de l'elèctrode de coure ja que la solució va agafar un color semblant l'òxid de coure (Fig. 8).



Fig. 7: aparença de l'experiment 1.1

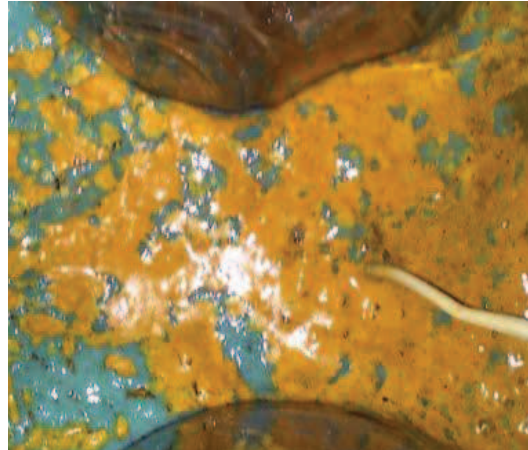


Fig. 8: aparença de l'experiment 1.1

Experiment 1.2:

Per evitar el problema de l'experiment anterior, canviem el material de l'ànode. En aquest experiment en comptes de coure és ferro.

Variables fixades	
Concentració de Sal	0,25Kg de Sal en 1L d'aigua de l'aixeta (25%)
Voltatge	3,7V
Ànode	Material: Ferro Forma: circumferència de 20mm de radi

Càtode	Material: Grafit Forma: cilindre de 8mm de diàmetre i 50mm d'altura. Nombre d'elèctrodes: 4
--------	---

Taula 3: variables fixades de l'experiment 1.2

Resultats:

Aquest cop el lector de clor HANNA ens dona un resultat de 0.

Discussió dels resultats

Continuem sense obtenir suficient clor.

Als 15 min de funcionament la reacció enfosqueix i agafa un color molt negre (Fig. 9).

Tornant a repassar la teoria, ens adonem que el clor degrada al ferro. Per això aquest color negrós.



Fig. 9: aparença de l'experiment 1.2

Experiment 1.3:

Tornem a utilitzar el coure perquè és millor conductor i més fàcil d'aconseguir. A més a més, en reduïm la quantitat de volum per estalviar sal ja que creiem que la estàvem malgastant. Continuem tenint una concentració del 25%.

Variables fixades	
Concentració de Sal	0,125Kg de Sal en 0,5L d'aigua de l'aixeta (25%)
Voltatge	3,7V
Ànode	Material: Coure Forma: planxa de 1,5 x 3 x 0,2
Càtode	Material: Grafit Forma: cilindre de 8mm de diàmetre i 50mm d'altura. Nombre d'elèctrodes: 2

Taula 4: variables fixades de l'experiment 1.3

Resultats:

L'espectrofotòmetre continua donant 0ppm.

Discussió dels resultats:

Continuem amb els mateixos índex de clor.

La dissolució torna a agafar un color molt taronja (Fig 10). Aquest cop és més homogeni que al de l'experiment 1.1 (Fig. 8).



Fig. 10: aparença de l'experiment 1.3

Conclusions del bloc 1.

Hem repetit aquest experiment 3 vegades més i després del mateix error, ho comentem amb el tutor. Ens explica que no podem utilitzar aigua de l'aixeta ja que aquesta porta molts metalls que al reaccionar amb el corrent elèctric, s'oxiden. Per aquest motiu, la reacció agafa aquests colors rovellats.

A partir d'ara agafarem aigua osmotitzada¹³ (la pressió osmòtica és la diferència de pressions que hi ha entre els dos costats d'una membrana semipermeable que separa dues dissolucions de concentracions diferents quan el sistema assoleix l'equilibri.)¹⁴

Amb aquest sistema, podem utilitzar l'aigua com si fos aigua de pluja. Cal remarcar que a la població de Haër (M'lomp), no disposen d'aquest sistema. Per aquesta raó recollirem aigua de pluja durant l'estació de pluges.

¹³ A partir d'ara utilitzarem sempre aigua tractada amb un procés d'osmosi replicant l'aigua de pluja.
¹⁴ ENCICLOPÈDIA CATALANA [en línia]. *Osmosi*.

<http://www.enciclopedia.cat/fitxa_v2.jsp?NDCHEC=0128468&BATE=osmosi> [Consulta: 16-8-12]

2.2. Bloc d'experiments 2, juguem amb el voltatge.

En aquest segon bloc d'experiments, l'objectiu és establir el voltatge òptim. Per aconseguir-ho provem diversos transformadors (Fig. 11 i 12) amb diferents voltatges.



Fig. 11: transformador de 12V



Fig. 12: transformador de 3,7V

El suport continua sent el mateix (Fig. 8). D'altra banda, millorem les connexions entre els cables i els càtodes. Per aïllar-lo, utilitzem una cinta aïllant elàstica especial per treballar en presència d'aigua. Aquesta es col·loca a pressió i no deixa que l'aigua hi faci contacte.

Experiment 2.1:

Hem connectat un transformador (carregador de mòbil) de 3,7V.

Variables fixades	
Concentració de Sal	0,125Kg de Sal en 0,5L (25%)
Voltatge	3,7V

Ànode	Material: Coure Forma: planxa de 1,5 x 3 x 0,2
Càtode	Material: Grafit Forma: cilindre de 8mm de diàmetre i 50mm d'altura. Nombre d'elèctrodes: 2

Taula 5: variables fixades de l'experiment 2.1

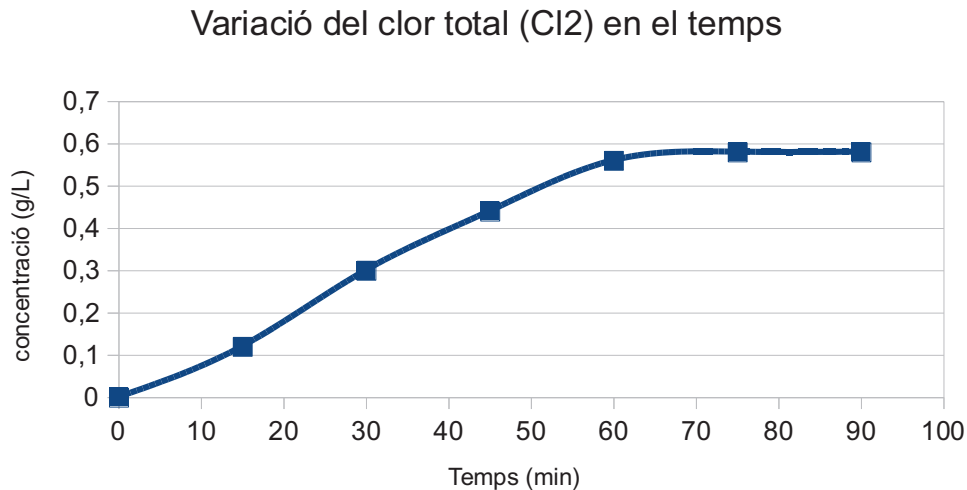
Resultats:

Amen prenent lectures cada quart d'hora i les anem anotant en una taula. Els càlculs els tenim informatitzats i automàticament obtenim la concentració en g/L.

Experiment 2.1	Mostra diluida en aigua ml/1L	Lectura HANNA mostra diluida ppm	mostra	
			ppm	Concen. (g/L)
0	0,5	0	0	0
15	0,5	0,06	120	0,12
30	0,5		0	0
45	0,5	0,22	440	0,44
60	0,5	0,28	560	0,56
75	0,5	0,29	580	0,58
90	0,5	0,29	580	0,58

Taula 6: resultats de l'experiment 2.2 / Font: elaboració pròpia

La gràfica 1 és la representació gràfica de la taula anterior (taula 6). Podem apreciar la corba que el clor realitza en el temps.



Gràfic 1: resultats de l'experiment 2.1

Discussió dels resultats:

Com podem veure en la taula 6, en una hora i mitja no arribem a obtenir ni un gram per litre. Són resultats molt baixos tenint en compte que s'entén com a lleixiu una solució d'hipoclorit de sodi (NaOCl) amb un contingut de clor actiu superior a 35g/L i inferior a 100g/L.¹⁵

Interpretant el gràfic veiem que durant els primers 60 minuts la concentració ha anat ascendint positivament. Ha estat a partir de l' hora de funcionament que la reacció ha deixat de produir clor.

¹⁵ MINISTERIO DE TRABAJO I ASUNTOS SOCIALES ESPAÑA [en línia]. *Desinfectantes*. <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_429.pdf> [consulta: 27-08-12]

Experiment 2.2:

Canviem el transformador augmentant el voltatge, per veure si s'incrementa el rendiment de la producció de clor. Ara utilitzem un transformador de 14,5V.

Variables fixades	
Concentració de Sal	0,25 de Sal en 1L (25%)
Voltatge	14,5V
Ànode	Material: Coure Forma: planxa (1,5 x 3 x 0,2)
Càtode	Material: Grafit Forma: cilindre de 8mm de diàmetre i 50mm d'altura. Nombre d'elèctrodes: 4

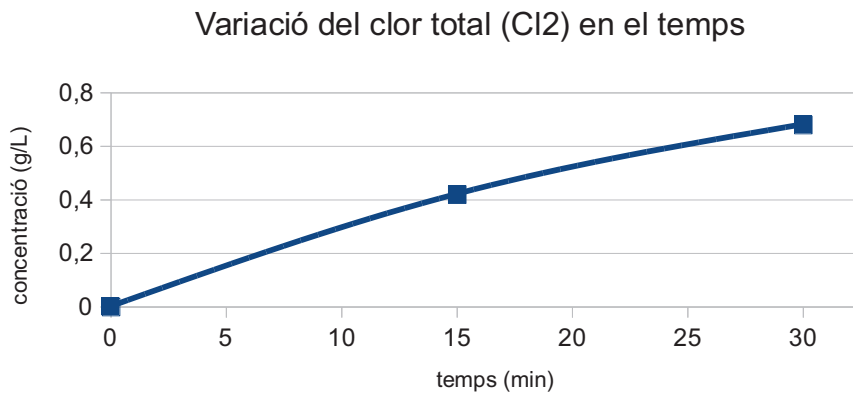
Taula 7: variables fixades de l'experiment 2.2

Resultats:

Només hem analitzat la primera mitja hora.

Experiment 2.2	Mostra diluïda en aigua	Lectura HANNA mostra diluïda	mostra	
Temps (min)	ml/1L	ppm	ppm	Concen. (g/L)
0	0,5	0	0	0
15	0,5	0,21	420	0,42
30	0,5	0,34	680	0,68

Taula 8: resultats de l'experiment 2.2



Gràfic 2: resultats de l'experiment 2.2

Discussió dels resultats:

A la mitja hora de funcionament escoltem una petita explosió, el transformador ha explotat. Amb l'increment de voltatge escalfem molt el transformador fins que explota.

Experiment 2.3:

Canviem el transformador i en reduïm una mica el voltatge. Ara treballem amb 12V.

Variables fixades	
Concentració de Sal	1Kg de Sal en 4L (25%)
Voltatge	12V
Ànode	Material: Coure Forma: Fil (0,5mm de diàmetre)
Càtode	Material: Grafit Forma: cilindre de 8mm de diàmetre i 50mm d'altura.

Nombre d'elèctrodes: 1

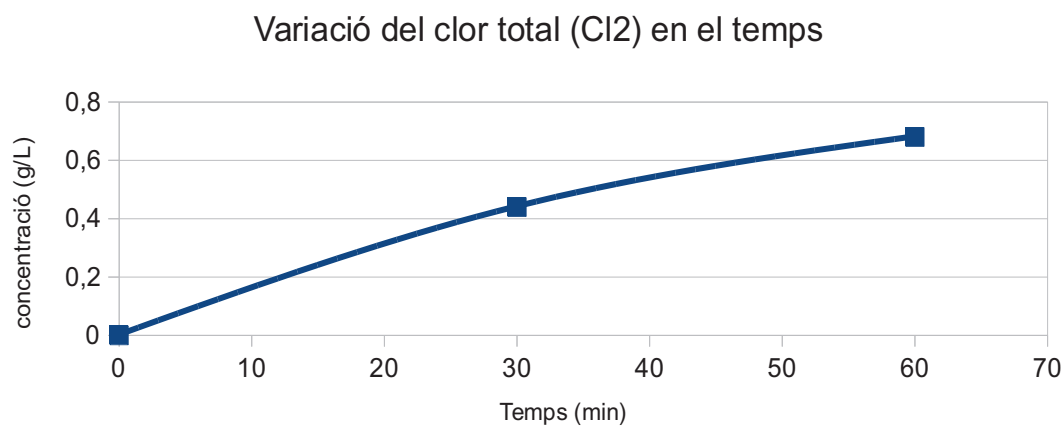
Taula 9: variables fixades de l'experiment 2.3 / Font: elaboració pròpia

Resultats:

Aquest cop prenem mostres cada mitja hora. Només durant una hora.

Experiment 2.3	Mostra diluida en agua	Lectura HANNA mostra diluida	mostra	
Temps (min)	ml/1L	ppm	ppm	Concen. (g/L)
0	0,5	0	0	0
30	0,5	0,22	440	0,44
60	0,5	0,34	680	0,68

Taula 10: resultats de l'experiment 2.3



Gràfic 3: resultats de l'experiment 2.3

Discussió dels resultats:

Després d'una hora de reacció, aquesta s'atura perquè l'ànode (fil de coure) s'ha trencat per acció del clor, que l'ha degradat. Per evitar-ho canviem la forma l'ànode d'aquest fil prim i fràgil.

Tot hi multiplica per quatre el voltatge de l'experiment 2.1 (taula 6), veiem que els

resultats no són gaire diferents. Això ens fa pensar que potser el voltatge no és del tot decisiu.

Conclusions del bloc 2

Si interpretem els gràfics 1 i 2, veiem que la diferència de clor total aconseguit en els dos experiments no és gaire diferent tot i tenir grans diferències de voltatge entre ells. Això ens porta a pensar que el voltatge no és una variable decisiva en el procés de l'electròlisi.

Segons la 1a llei de Faraday de l'electròlisi, *“La massa d'una substància alterada en un elèctrode durant l'electròlisi és directament proporcional a la quantitat d'electricitat transferida a aquest elèctrode.”*¹⁶ Per tant, com més intensitat transferim a la solució, més quantitat de clor obtindrem.

Un cop coneixem la llei de Faraday, analitzem els resultats obtinguts en el segon bloc. En el primer experiment, vam utilitzar un transformador de 3,7V i 425mA. En canvi en l'experiment 2.2, el transformador era de 12V però de 400mA. Per aquesta raó, hem obtingut resultats semblants.

Ha estat al tercer experiment que hem notat una petita millora. Això és a causa del transformador de 14,5V que tenia un amperatge de 650mA.

¹⁶ ENCICLOPÈDIA CATALANA [en línia] *Lleis de Faraday*.
<http://www.enciclopedia.cat/fitxa_v2.jsp?NDCHEC=0025982&BATE=lleis%2520de%2520Faraday>
[Consulta: 20-08-12]

2.3. Bloc d'experiments 3, juguem amb els elèctrodes.

Com que necessitem un nou transformador per aconseguir una bona producció de lleixiu, busquem un transformador amb les següents característiques:

- Gran capacitat d'amperatge.
- Econòmic i fàcil d'aconseguir.

Per aquestes dues raons, es vam decidir utilitzar un carregador de bateries de cotxe TRONIC T6 (Fig. 11). Aquest té un voltatge de 12V i la intensitat pot oscil·lar dels 0A fins a un màxim de 8A depenent de la resistència.



Fig. 13: Carregador de bateries de cotxe.

En aquest tercer bloc d'experiments, tenim com a objectiu principal comparar el funcionament de la reacció amb diferents quantitats d'elèctrodes de grafit. La hipòtesi plantejada és: "Com més elèctrodes utilitzem, obtindrem més concentració de clor".

Com que el nou transformador té integrat un amperímetre, en tot moment podem saber a quants ampers està treballant.

Experiment 3.1:

Amb un amperatge de 5A, col·loquem quatre elèctrodes de grafit i un de coure.

Variables fixades	
Concentració de Sal	0,25Kg de Sal en 1L (25%)
Voltatge	12V
Amperatge	5A
Ànode	Material: Coure Forma: planxa de 1,5 x 3 x 0,2
Càtode	Material: Grafit Forma: cilindre de 8mm de diàmetre i 50mm d'altura. Nombre d'elèctrodes: 4

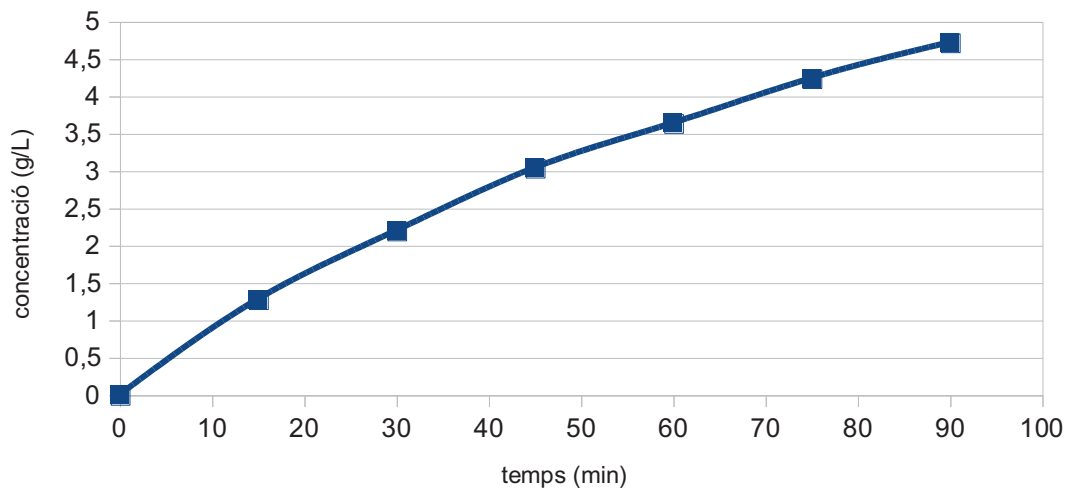
Taula 11: variables fixades de l'experiment 3.1

Resultats:

Decidim que amb la primera hora i mitja ja en tenim prou.

Experiment 3.1 Temps (min)	Mostra diluida en aigua ml/1L	Lectura HANNA mostra diluida ppm	mostra	
			ppm	Concen. (g/L)
0	0,25	0	0	0
15	0,25	0,32	1280	1,28
30	0,25	0,55	2200	2,2
45	0,25	0,76	3040	3,04
60	0,25	0,91	3640	3,64
75	0,25	1,06	4240	4,24
90	0,25	1,18	4720	4,72

Taula 12: resultats de l'experiment 3.1

Variació del clor total (Cl₂) en el temps

Gràfic 4: resultats de l'experiment 3.1

Discussió dels resultats:

Hi ha una gran diferència en relació als blocs anteriors. Amb el mateix temps, quadruplicuem la concentració de clor.

Experiment 3.2:

Repetim el format de l'experiment anterior (3.1) però canviant els quatre càtodes per només un.

Variables fixades	
Concentració de Sal	0,25Kg de Sal en 1L (25%)
Voltatge	12V
Amperatge	5A
Ànode	Material: Coure

	Forma: planxa de 1,5 x 3 x 0,2
Càtode	Material: Grafit Forma: cilindre de 8mm de diàmetre i 50mm d'altura. Nombre d'elèctrodes: 1

Taula 13: variables fixades de l'experiment 3.2

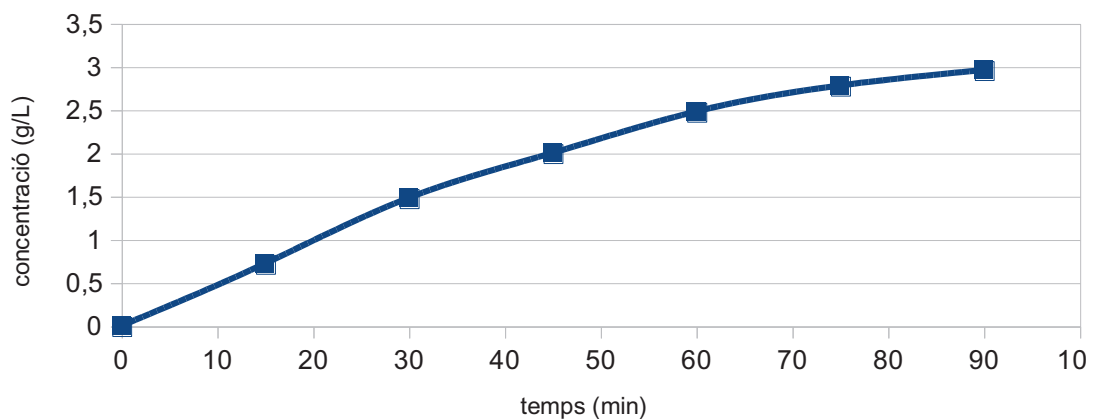
Resultats:

Amb la primera hora i mitja ja en tenim prous resultats per comparar.

Experiment 3.2	Mostra diluïda en aigua	Lectura HANNA mostra diluïda	mostra	
Temps (min)	ml/1L	ppm	ppm	Concen. (g/L)
0	0,5	0	0	0
15	0,5	0,36	720	0,72
30	0,5	0,74	1480	1,48
45	0,5	1	2000	2
60	0,5	1,24	2480	2,48
120	0,5	1,39	2780	2,78
90	0,5	1,48	2960	2,96

Taula 14: resultats de l'experiment 3.2

Variació del clor total (Cl₂) en el temps



Gràfic 5: resultats de l'experiment 3.2

Discussió dels resultats:

Els resultats confirmen la nostra hipòtesi del començament el bloc d'experiments número tres. "Com més elèctrodes utilitzem, obtindrem més concentració de clor"

Experiment 3.3:

Repetim els formats anteriors variant el número d'elèctrodes. Continuem amb 12V i 5A però ara utilitzem com a càtodes dos elèctrodes de grafit.

Variables fixades	
Concentració de Sal	0,25Kg de Sal en 1L (25%)
Voltatge	12V
Amperatge	5A
Ànode	Material: Coure Forma: planxa de 1,5 x 3 x 0,2
Càtode	Material: Grafit Forma: cilindre de 8mm de diàmetre i 50mm d'altura. Nombre d'elèctrodes: 2

Taula 15: variables fixades de l'experiment 3.3

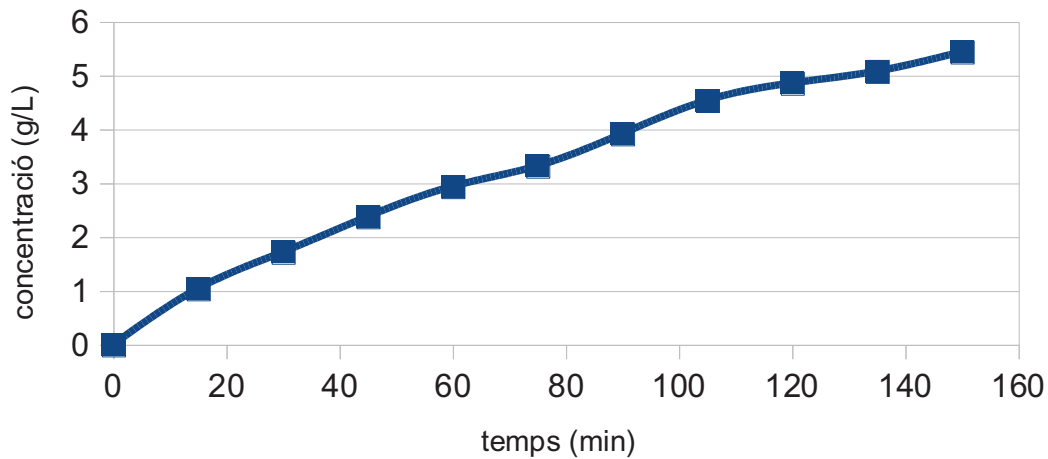
Resultats:

Prenem unes quantes més lectures per recollir dades sobre la funció resultant.

Experiment 3.3	Mostra diluida en aigua ml/1L	Lectura HANNA mostra diluida ppm	mostra	
			ppm	Concen. (g/L)
0	0,5	0	0	0
15	0,5	0,52	1040	1,04
30	0,5	0,86	1720	1,72
45	0,5	1,19	2380	2,38
60	0,5	1,47	2940	2,94
75	0,5	1,66	3320	3,32
90	0,5	1,96	3920	3,92
105	0,5	2,27	4540	4,54
120	0,5	2,43	4860	4,86
135	0,25	1,27	5080	5,08
150	0,25	1,36	5440	5,44

Taula 16: resultats de l'experiment 3.3

Variació del clor total (Cl₂) en el temps



Gràfic 6: resultats de l'experiment 3.3

Discussió dels resultats:

La funció resultant del gràfic 6 és bastant lineal. Això és positiu ja que sabem que amb dues hores i mitja de funcionament el pendent de la funció és pràcticament el mateix que el del començament. En altres paraules, la producció de clor al inici i al final és pràcticament la mateixa.

Conclusions del bloc 3

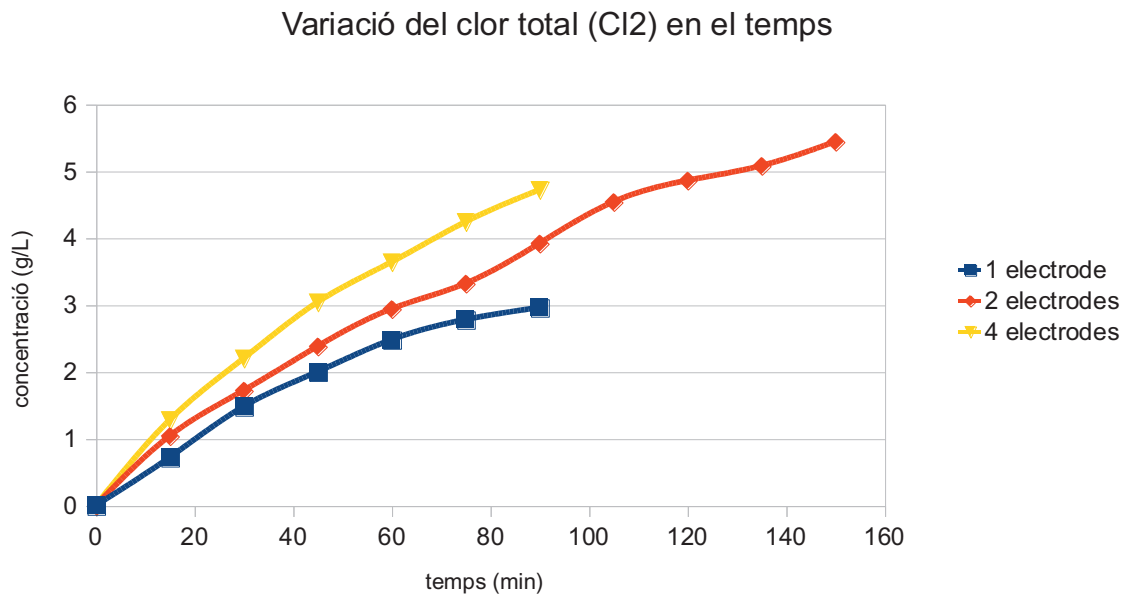
Analitzant diferents experiments els quals hem jugat amb el nombre d'elèctrodes, afirmem que com més elèctrodes utilitzem, més clor total obtenim amb la mateixa quantitat de temps. Per exemple, si volem obtenir una concentració de 3g/L, i utilitzem 1 elèctrode de grafit, necessitem 90 minuts. Si en comptes d'un elèctrode de grafit, n'utilitzem dos, aconseguim la concentració amb 60 minuts. En canvi si n'utilitzem quatre, només tardarem 45 minuts per obtenir la concentració desitjada (Taula 17).

	1 electrode	2 electrodes	4 electrodes
Temps (min)	Concen. (g/L)	Concen. (g/L)	Concen. (g/L)
0	0	0	0
15	0,72	1,04	1,28
30	1,48	1,72	2,2
45	2	2,38	3,04
60	2,48	2,94	3,64
75	2,78	3,32	4,24
90	2,96	3,92	4,72
105		4,54	
120		4,86	
135		5,08	
150		5,44	

Taula 17: resultats de l'experiment 3.4

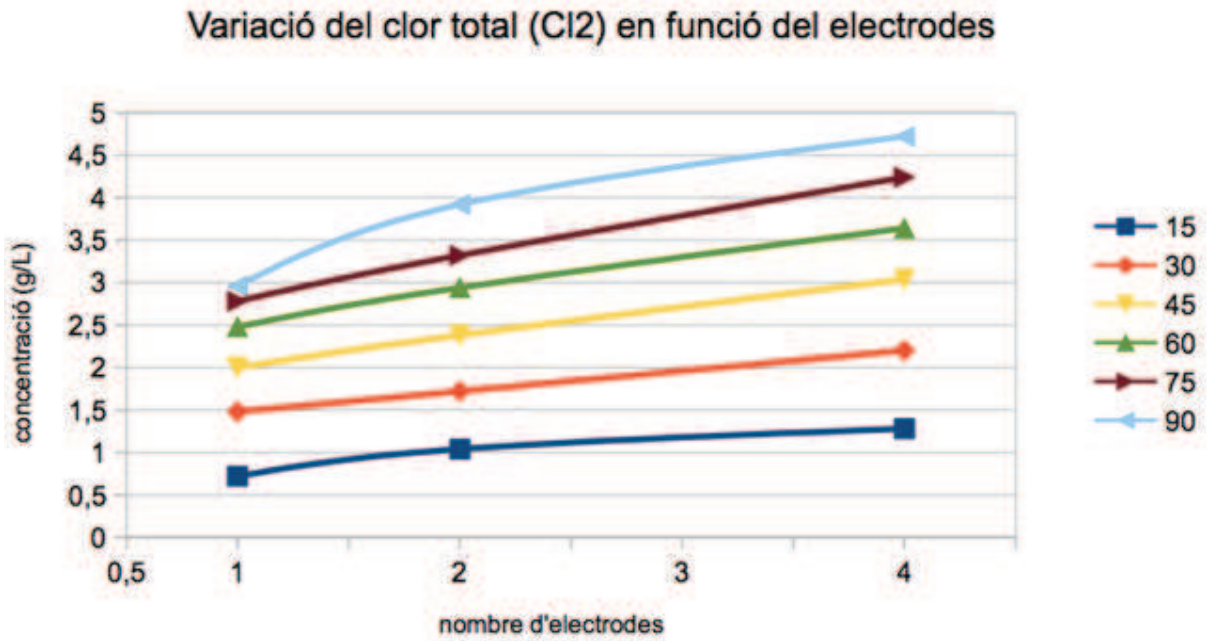
Hem de tenir en compte que els elèctrodes de grafit, es van desgastant mica en mica. Cal remarcar que aquests es desgasten menys com més número d'elèctrodes hi ha. Si només en tenim un, es gastarà més ràpidament que si en tenim quatre.

Com observem en la gràfica 7, les funcions representades, són ascendents en tot moment. Si que és veritat que en els primers 15 minuts els pendents són més grans que la última mitja hora. Amb aquest fet veiem que com més elèctrodes utilitzem, el pendent de la funció disminueix més lentament. Això vol dir que com més elèctrodes utilitzem, el pendent de la funció és més gran i en conseqüència produïm més clor total en el mateix temps.



Gràfic 7: resultats de l'experiment 3

En el gràfic 8 veiem els resultats del bloc 3 però des d'una altra perspectiva. Veiem clarament quina és la producció de clor en funció del nombre d'elèctrodes en un temps determinat.



Gràfic 8: resultats de l'experiment 3

2.4. Bloc d'experiments 4, juguem amb la concentració

En aquest bloc, volem experimentar amb diferents concentracions de sal. L'objectiu és reduir l'ús de sal ja que no sabem del cert, la disposició de sal a Haër. A més a més, d'aquesta manera reduïm el cost del lleixiu.

Experiment 4.1:

Amb quatre elèctrodes de grafit, 5A i 12V, procedim a canviar la concentració de sal des d'un 25% en massa a només un 12,5%.

Variables fixades	
Concentració de Sal	0,25Kg de Sal en 2L (12,5%)
Voltatge	12V
Amperatge	5A
Ànode	Material: Coure Forma: planxa de 1,5 x 3 x 0,2
Càtode	Material: Grafit Forma: cilindre de 8mm de diàmetre i 50mm d'altura. Nombre d'elèctrodes: 4

Taula 18: variables fixades de l'experiment 4.1

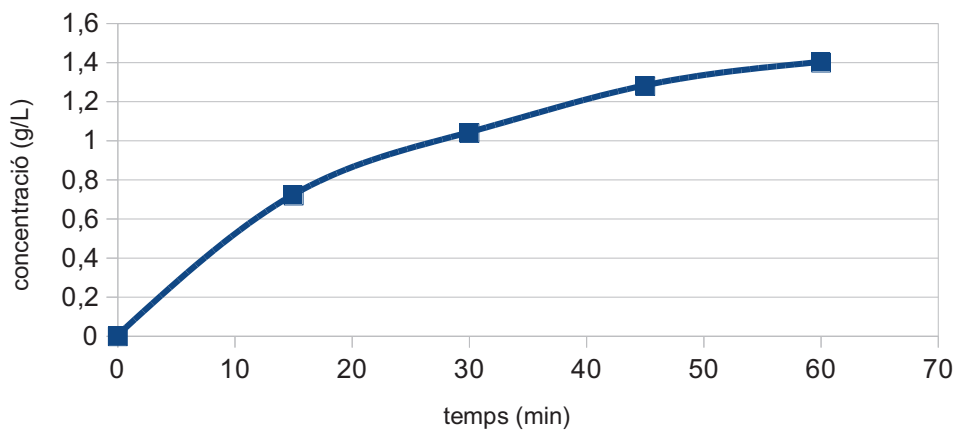
Resultats:

Amb només una hora ja en tenim prou.

Experiment 4.1	Mostra diluïda en aigua	Lectura HANNA mostra diluïda	mostra	
Temps (min)	ml/1L	ppm	ppm	Concen. (g/L)
0	0,25	0	0	0
15	0,25	0,18	720	0,72
30	0,25	0,26	1040	1,04
45	0,25	0,32	1280	1,28
60	0,25	0,35	1400	1,4

Taula19: resultats de l'experiment 4.1

Variació del clor total (Cl₂) en el temps



Gràfic 9: resultats de l'experiment 4.1

Discussió dels resultats:

A l'hora de funcionament, aturem la reacció. A simple vista ja es veu que els resultats no són positius. Sembla que reduir la concentració de clorur de sodi no aporta millores, però necessitem més proves. Podria tractar-se de un error.

Experiment 4.2:

Tot i no tenir esperances d'aconseguir un millor lleixiu utilitzant una concentració més baixa, repetim el format de l'experiment 4.1. Només en canviem la concentració que passa a ser del 8,33% en massa.

Variables fixades	
Concentració de Sal	0,25Kg de Sal en 3L (8,33%)
Voltatge	12V
Amperatge	5A
Ànode	Material: Coure Forma: planxa de 1,5 x 3 x 0,2
Càtode	Material: Grafit Forma: cilindre de 8mm de diàmetre i 50mm d'altura. Nombre d'elèctrodes: 4

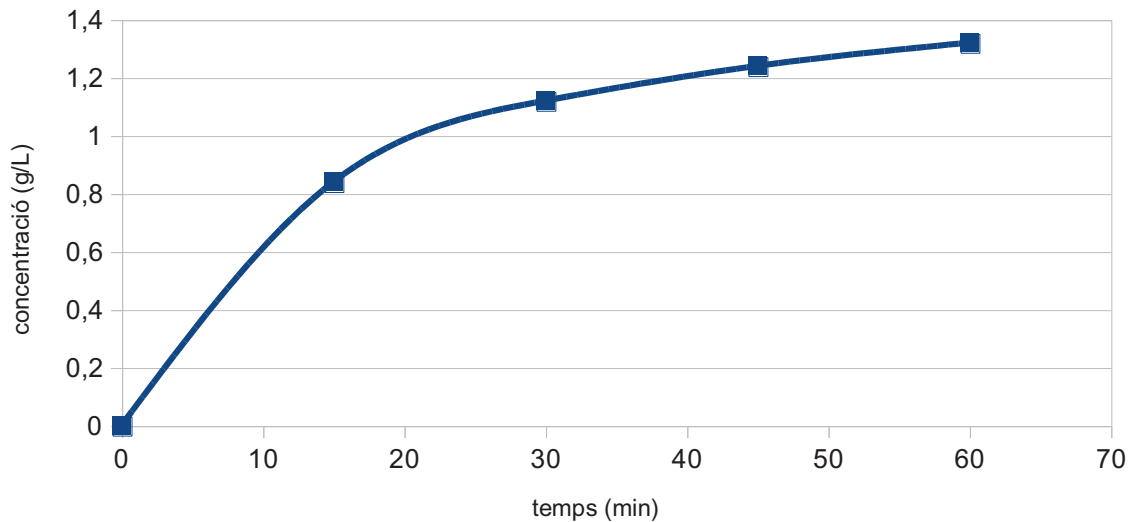
Taula 20: variables fixades de l'experiment 4.2

Resultats:

Només prenem lectures de la primera hora.

Experiment 4.2	Mostra diluida en aigua	Lectura HANNA mostra diluida	mostra	
Temps (min)	ml/1L	ppm	ppm	Concen. (g/L)
0	0,25	0	0	0
15	0,25	0,21	840	0,84
30	0,25	0,28	1120	1,12

Variació del clor total (Cl₂) en el temps



Gràfic 10: resultats de l'experiment 4.2

Discussió dels resultats:

No necessitem més temps per adonar-nos que treballar amb poca quantitat de NaCl (sal) no incrementa els índex de clor.

Conclusions del bloc 4

Tot hi no aconseguir augmentar la concentració de clor per litre de lleixiu amb els canvis de saturació de sal, aquest bloc és una pèrdua de temps. Ara sabem que variar la concentració de sal no dóna bons resultats. Això reforça la idea de treballar amb la

saturació de la que partiem inicialment.

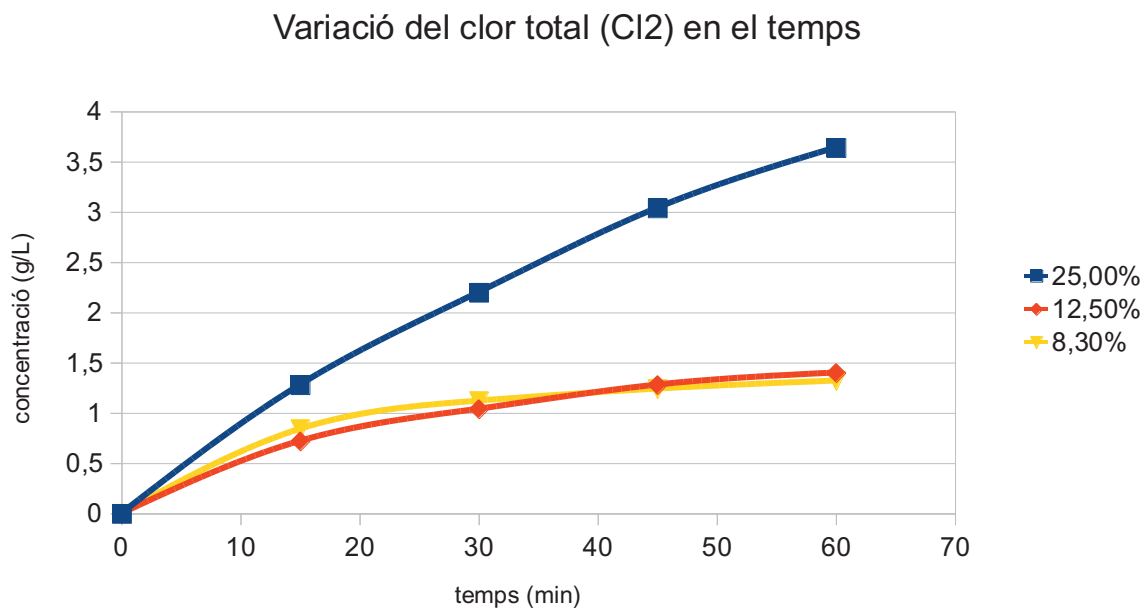
Aquest fet és a causa d'un simple factor teòric. Com més NaCl (sal) hi ha en la solució, més quantitat reacciona, i més NaOCl (lleixiu) es forma.

Per aquesta raó, el pendent de les funcions de 12,5% i 8,30% del gràfic 11, és més gran al començament que al final. Així doncs el poc NaCl que hi ha en la dissolució reacciona ràpidament hi es converteix en hipoclorit de sodi (lleixiu). Per tant, al cap de pocs minuts d'haver començat el procés d'electròlisi, a la solució ja se li ha acabat quasi tot el NaCl i ja no pot reaccionar.

Aquest fet queda reflectit dins la gràfica, en el pendent de les funcions. Per exemple; al minut 15, la funció (12,5%) té un pendent de 0,048. En canvi, al minut 60, aquest pendent és de 0,023. Aquesta diferència és del més del doble.

Temps (min)	25,00%	12,50%	8,30%
0	0	0	0
15	1,28	0,72	0,84
30	2,2	1,04	1,12
45	3,04	1,28	1,24
60	3,64	1,4	1,32

Taula 22: resultats del bloc 4



Gràfic 11: resultats del bloc 4 / Font elaboració pròpia

2.5. Bloc d'experiments 5, juguem amb la intensitat.

En aquest bloc, volem experimentar amb més intensitat. Treballem amb el màxim amperatge possible que ens permet el carregador de bateries de cotxe (de 7 a 8A).

Experiment 5.1:

Variables fixades	
Concentració de Sal	0,25Kg de Sal en 1L (25%)
Voltatge	12V
Amperatge	7A
Ànode	Material: Coure Forma: planxa de 1,5 x 3 x 0,2
Càtode	Material: Grafit Forma: cilindre de 8mm de diàmetre i 50mm d'altura. Nombre d'elèctrodes: 4

Taula 23: variables fixades de l'experiment 5.1

Resultats:

Només prenem mostres de la primera mitja hora.

Experiment 5.1	Mostra diluida en aigua	Lectura HANNA mostra diluida	mostra	
Temps (min)	ml/1L	ppm	ppm	Concen. (g/L)
0	0,25		0	0
30	0,25	0,48	1920	1,92
60	0,25	0,87	3480	3,48

Taula 24: resultats de l'experiment 5.1

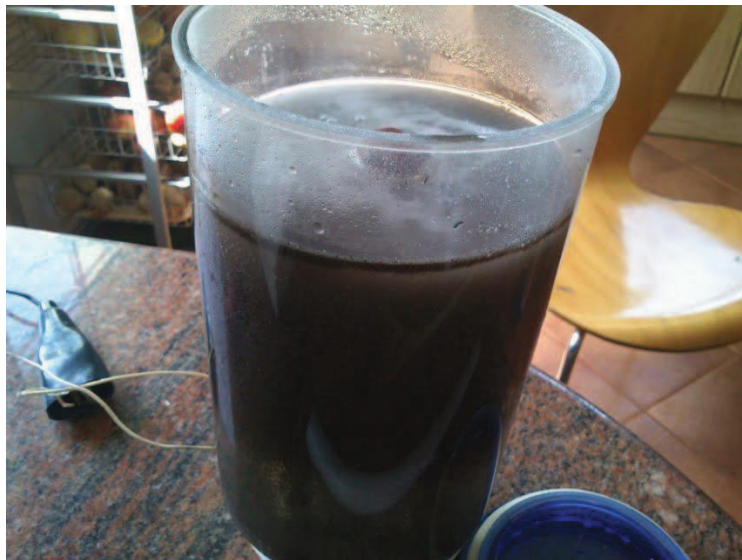


Fig. 14: aparença de la solució de l'experiment 5.1.

Discussió dels resultats:

Mica en mica, la dissolució s'ha anat enfosquint fins que ha agafat un color molt negre (Fig. 12). Creiem que és a causa de la cinta aïllant que es degrada amb la temperatura ja que amb tant amperatge, la reacció s'escalfa molt (75,4°C).

Experiment 5.2:

Reproduïm l'experiment anterior evitant la cinta aïllant elàstica. La substituïm per un altre tipus de cinta, però aquest cop apta per a altes temperatures.

Variables fixades	
Concentració de Sal	0,25Kg de Sal en 1L (25%)
Voltatge	12V
Amperatge	8A
Ànode	Material: Coure Forma: planxa de 1,5 x 3 x 0,2
Càtode	Material: Grafit Forma: cilindre de 8mm de diàmetre i 50mm d'altura. Nombre d'elèctrodes: 4

Taula 25: variables fixades de l'experiment 5.2 / Font: elaboració pròpia

Resultats:

No anotem els resultats ja que als 22 minuts de funcionament ha saltat el fusible del transformador.

Discussió dels resultats

La dissolució no es torna negra, per tant queda solucionat el tema de l'enfosquiment de la solució. D'altra banda, el transformador s'escalfa massa. Només s'ha

fet malbé el fusible però qualsevol altre transformador, ja no funcionaria. Aquest fet és causat per l'alta intensitat. Amb tants ampers, el carregador de bateries de cotxe treballa massa forçat.

Un altre fet que hem pogut observar és; al voltant del coure, s'ha format òxid de coure II (CuO_2). Aquest taca una mica la solució.

Experiment 5.3:

Repetim l'experiment 5.2 però aïllant l'ànode de coure en un petit pot submergit en la dissolució per tal de separar l'òxid de coure II i evitar que aquest taqui el lleixiu.

Variables fixades	
Concentració de Sal	0,25Kg de Sal en 1L (25%)
Voltatge	12V
Amperatge	4A
Ànode	Material: Coure Forma: planxa de 1,5 x 3 x 0,2
Càtode	Material: Grafit Forma: cilindre de 8mm de diàmetre i 50mm d'altura. Nombre d'elèctrodes: 4

Taula 26: variables fixades de l'experiment 5.3 / Font: elaboració pròpia

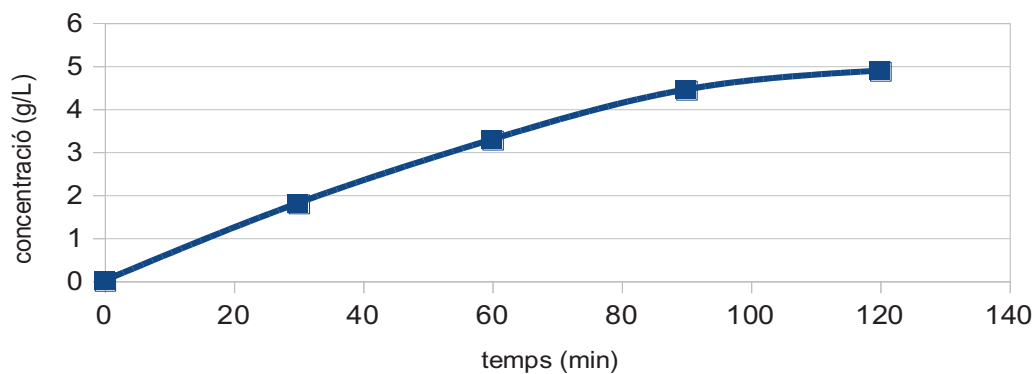
Resultats:

Analitzem les primeres dues hores.

Experiment 5.3	Mostra diluida en aigua ml/1L	Lectura HANNA mostra diluida ppm	mostra	
			ppm	Concen. (g/L)
0	0,25		0	0
30	0,25	0,45	1800	1,8
60	0,25	0,82	3280	3,28
90	0,25	1,11	4440	4,44
120	0,25	1,22	4880	4,88

Taula 27: resultats de l'experiment 5.3

Variació del clor total (Cl₂) en el temps



Gràfic 12: resultats de l'experiment 5.3

Discussió dels resultats:

Veient l'amperímetre integrat al transformador, ens adonem d'un fet curiós. L'amperatge és menor ja que la distància que ha de fer l'electricitat dintre de l'aigua és més llarga. El corrent elèctric ha d'esquivar el vas de plàstic que aïlla el coure.

Segons la llei de Ohm¹⁷, el que fem és augmentar la resistència (solució) mantenint-ne el voltatge constant. Això provoca que la intensitat descendeixi.¹⁸

¹⁷ WIKIPÈDIA [en línia]. Llei d'Ohm <http://ca.wikipedia.org/wiki/Llei_d'Ohm> [Consulta: 19-09-12]

¹⁸ Aquest tema està estudiat de manera a fons en el bloc següent (bloc 6).

Experiment 5.4:

Col·loquem l'elèctrode de coure a la part inferior per tal de separar millor diòxid de coure de tal manera que els elèctrodes de grafit romanen a la part superior. Així facilitem el recanvi del grafit en un possible cas de desperfecte d'aquests.

Variables fixades	
Concentració de Sal	0,25Kg de Sal en 1L (25%)
Voltatge	12V
Amperatge	4A
Ànode	Material: Coure Forma: planxa de 1,5 x 3 x 0,2
Càtode	Material: Grafit Forma: cilindre de 8mm de diàmetre i 50mm d'altura. Nombre d'elèctrodes: 4

Taula 28: variables fixades de l'experiment 5.4

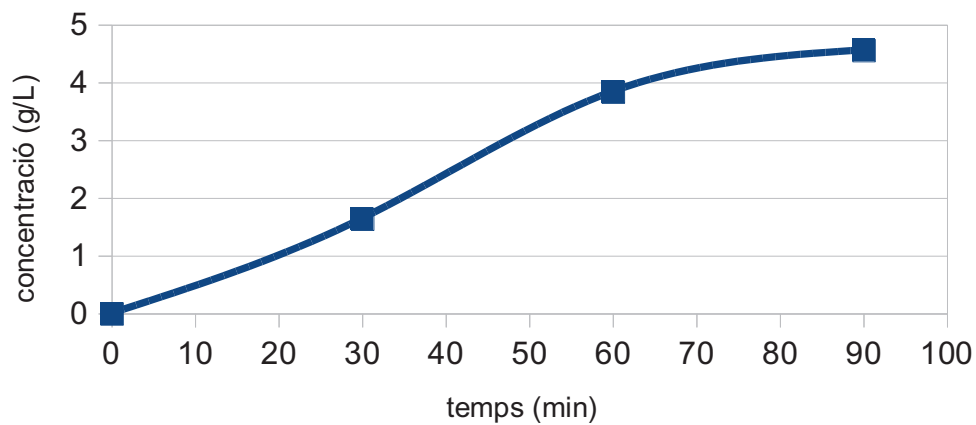
Resultats:

Analitzem la primera hora i mitja.

Experiment 5.4	Mostra diluida en aigua	Lectura HANNA mostra diluida	mostra	
Temps (min)	ml/1L	ppm	ppm	Concen. (g/L)
0	0,25		0	0
30	0,25	0,41	1640	1,64
60	0,25	0,96	3840	3,84
90	0,25	1,14	4560	4,56

Taula 29: resultats de l'experiment 5.4

Variació del clor total (Cl₂) en el temps



Gràfic 13: resultats de l'experiment 5.4

Discussió dels resultats:

El clor gas (Cl₂) degrada els cables de coure (no estan protegits) que fan la connexió amb els càtodes de grafit.

A més a més, amb aquesta intensitat de 4A, no es forma l'òxid de coure II.

Conclusions del bloc 5

En aquest bloc, ens adonem de la importància que té que la font d'alimentació treballi còmodament. Per això la intensitat no pot ser ni molt alta ni molt baixa, s'ha de mantenir en el seu rang òptim de funcionament (4 – 6 A per a la nostra font d'alimentació). Si treballem dins d'aquest rang, la temperatura no ascendeix a altes temperatures i per tant, no desfà la cinta aïllant. Tampoc deixa generar diòxid de coure.

2.6. Bloc d'experiments 6, juguem amb la resistència.

En aquest bloc, experimentem com varia la intensitat segons la resistència que la dissolució ofereix. Per fer-ho, hem jugat amb dues variables.

- La concentració: L'aigua osmotitzada i l'aigua de pluja són molt males conductores del corrent elèctric. Llavors és la Sal la que les fa conductores. Com més concentració de NaCl contingui la solució, més quantitat de corrent elèctric (intensitat) pot passar a través d'aquesta. Per conèixer la conductivitat de cada dissolució hem utilitzat un aparell específic que llegeix la conductivitat al instant (Fig. 13).



Fig. 15: TDS METER Water Quality Tester

- La distància que separa els elèctrodes: Com més a prop estan els elèctrodes, més flux de corrent elèctric hi ha entre ells.

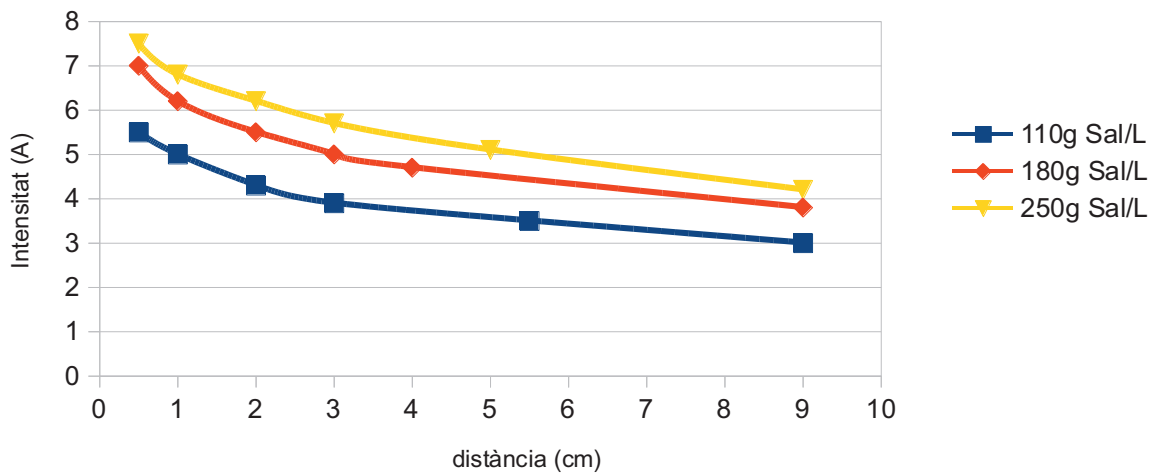
Per tant, si modifiquem la concentració i separem més o menys els elèctrodes, obtenim diferent intensitats (taula 30).

Ampers (A)	110g Sal/L	180g Sal/L	250g Sal/L
Distància (cm)			
0,5	5,5	7	7,5
1	5	6,2	6,8
2	4,3	5,5	6,2
3	3,9	5	5,7
4		4,7	
5			5,1
5,5	3,5		
9	3	3,8	4,2

Taula 30: estudi del comportament de la intensitat en funció de la distància

intensitat del corrent elèctric

En funció de la distància dels electrodes i la concentració de sal

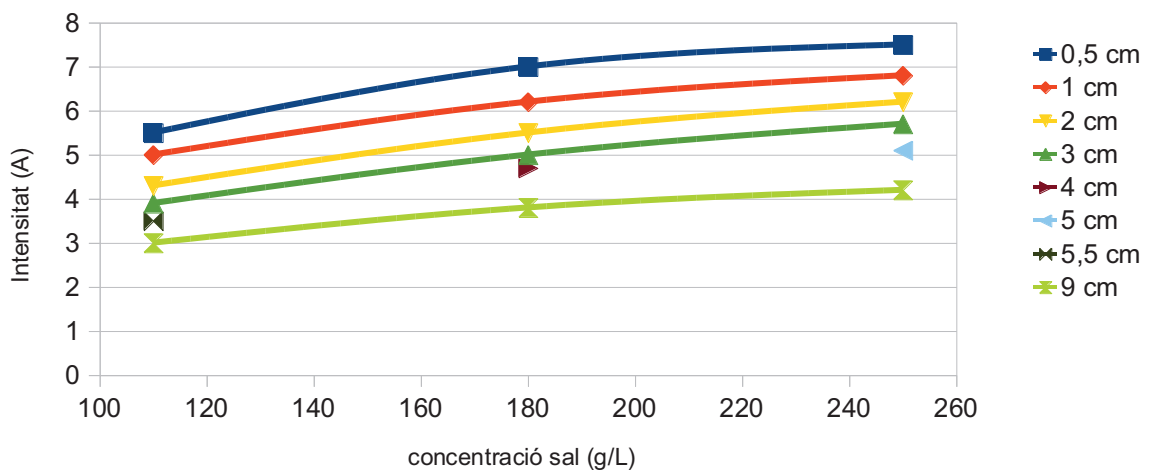


Gràfic 14: estudi del comportament de la intensitat

En aquest gràfic 14, podem veure que com més acostem els dos elèctrodes, la intensitat augmenta independentment de la concentració.

Intensitat del corrent elèctric

en funció de la concentració de sal i distància dels electrodes



Gràfic 15: estudi del comportament de la intensitat

En aquesta altra gràfica 15 podem veure com s'assoleix una determinada intensitat de diferents maneres.

Per exemple; podem aconseguir una intensitat de 5A amb:

- 110g Sal/L a 1cm
- 180g/L a 3cm
- 250g/L a 5cm

Conclusions del bloc 6:

En aquest estudi de l'amperatge obtenim diverses conclusions bastant útils.

Per una banda sabem que com més concentració de sal (NaCl) hi ha, la dissolució és més conductora, el que és el mateix, a més sal, més amperatge.

D'altra banda, la distància que separa elèctrodes també és significativa: com més separem els elèctrodes, la resistència és major. Si apliquem les lleis bàsiques de l'electricitat sabem que com més resistència, menys intensitat. Per tant, com més allunyats estan els elèctrodes, menys amperatge flueix per la dissolució.

Amb aquests resultats veiem que es pot aconseguir treballar a una intensitat determinada (l'òptima del transformador), variant la concentració de sal i la distància entre càtode i ànode. Així s'evita que els transformadors de corrent es cremin com ens ha passat a l'iniciar els experiments, que no controlàvem la intensitat.

2.7. Bloc d'experiments 7, posem a prova els resultats anteriors.

En aquest bloc d'experiments posem a prova la llei de Faraday. Per fer-ho, fixem una intensitat (4A, apropiada pel nostre transformador) i anem canviant la concentració.

Experiment 7.1:

La concentració és de l'onze per cent.

Variables fixades	
Concentració de Sal	0,110Kg de Sal en 1L (11%)
Voltatge	12V
Amperatge	4A
Ànode	Material: Coure Forma: planxa de 1,5 x 3 x 0,2
Càtode	Material: Grafit Forma: cilindre de 8mm de diàmetre i 50mm d'altura. Nombre d'elèctrodes: 4

Taula 30: variables fixades de l'experiment 7.1

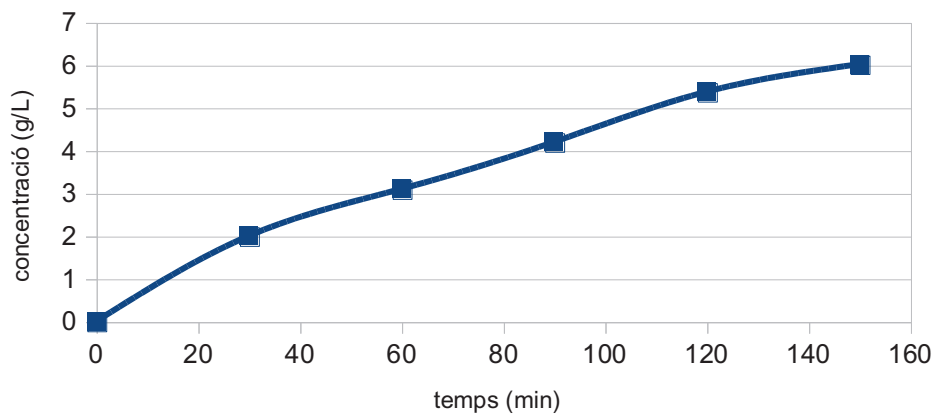
Resultats:

Anotem les lectures de les primeres dues hores i mitja.

Experiment 7.1	Mostra diluida en aigua	Lectura HANNA mostra diluida	mostra	
Temps (min)	ml/1L	ppm	ppm	Concen. (g/L)
0	0,5		0	0
30	0,5	1	2000	2
60	0,5	1,55	3100	3,1
90	0,500	2,1	4200	4,2
120	0,357	1,92	5376	5,376
150	0,286	1,72	6020	6,02

Taula 31: resultats de l'experiment 7.1

Variació del clor total (Cl₂) en el temps



Gràfic 16: resultats de l'experiment 7.1

Discussió dels resultats:

Tot i utilitzar menys de la meitat de concentració que anteriorment, obtenim uns bons índex de clor. El pendent de la funció del gràfic 16 va disminuint a poc a poc. Això és un bon senyal ja que podem allargar el procés sense perdre'n rendiment.

Experiment 7.2:

Reproduïm el mateix format que abans però augmentant la concentració. Ara és del 18%. Separem els elèctrodes una distància de 9cm.

Variables fixades	
Concentració de Sal	0,180Kg de Sal en 1L (18%)
Voltatge	12V
Amperatge	4A
Ànode	Material: Coure Forma: planxa de 1,5 x 3 x 0,2
Càtode	Material: Grafit Forma: cilindre de 8mm de diàmetre i 50mm d'altura. Nombre d'elèctrodes: 4

Taula 32: variables fixades de l'experiment 7.2

Resultats:

Analitzem els primers 150 minuts.

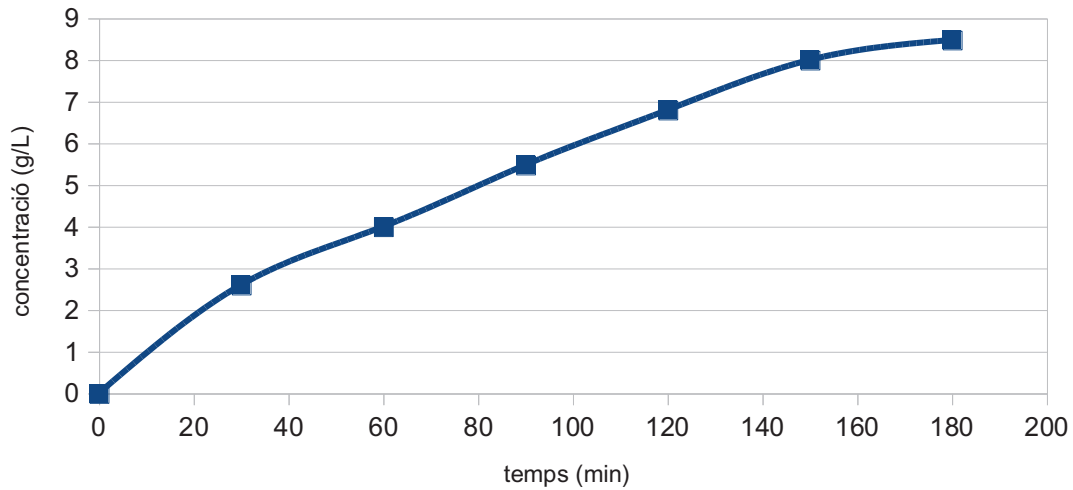
Experiment 7.2	Mostra diluida en aigua	Lectura HANNA mostra diluida	mostra	
Temps (min)	ml/1L	ppm	ppm	Concen. (g/L)
0	0,5		0	0
30	0,5	0,52	1040	1,04
60	0,25	1,36	5440	5,44
90	0,250	1,1	4400	4,4
120	0,25	1,6	6400	6,4
150	0,25	1,3	5200	5,2

Taula 33: resultats de l'experiment 7.2

Hi ha hagut un error humà a l'hora de prendre les dades, s'ha de repetir. l'experiment.

Experiment 7.2	Mostra diluida en aigua	Lectura HANNA mostra diluida	mostra	
Temps (min)	ml/1L	ppm	ppm	Concen. (g/L)
0	0,5		0	0
30	0,25	0,65	2600	2,6
60	0,25	1	4000	4
90	0,250	1,37	5480	5,48
120	0,25	1,7	6800	6,8
150	0,25	2	8000	8
180	0,25	2,12	8480	8,48

Taula 34: resultats de l'experiment 7.2 (repetició)

Variació del clor total (Cl₂) en el temps

Gràfic 17: resultats de l'experiment 7.2 (repetició)

Experiment 7.3:

En aquest cas utilitzem el mateix format que els experiments 7.1 i 7.2 però amb la solució saturada (25%) i una distància de 10cm entre el dos elèctrodes.

Variables fixades	
Concentració de Sal	0,250Kg de Sal en 1L (25%)
Voltatge	12V
Amperatge	4A
Ànode	Material: Coure Forma: planxa de 1,5 x 3 x 0,2
Càtode	Material: Grafit

<p>Forma: cilindre de 8mm de diàmetre i 50mm d'altura.</p> <p>Nombre d'elèctrodes: 4</p>
--

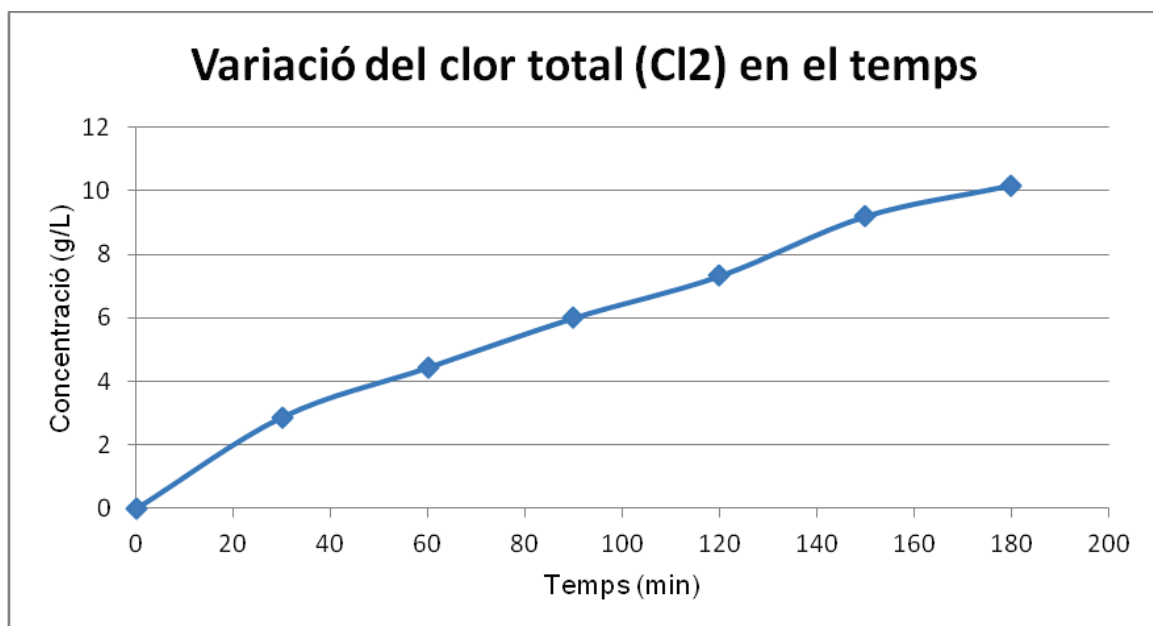
Taula 35: variables fixades de l'experiment 7.3

Resultats:

Aquest com analitzem les tres hores.

Experiment 7.3	Mostra diluida en aigua	Lectura HANNA mostra diluida	mostra	
Temps (min)	ml/1L	ppm	ppm	Concen. (g/L)
0	0,25		0	0
30	0,25	0,72	2880	2,88
60	0,25	1,11	4440	4,44
90	0,25	1,5	6000	6
120	0,25	1,83	7320	7,32
150	0,25	2,3	9200	9,2
180	0,21	2,12	10176	10,176

Taula 36: resultats de l'experiment 7.3



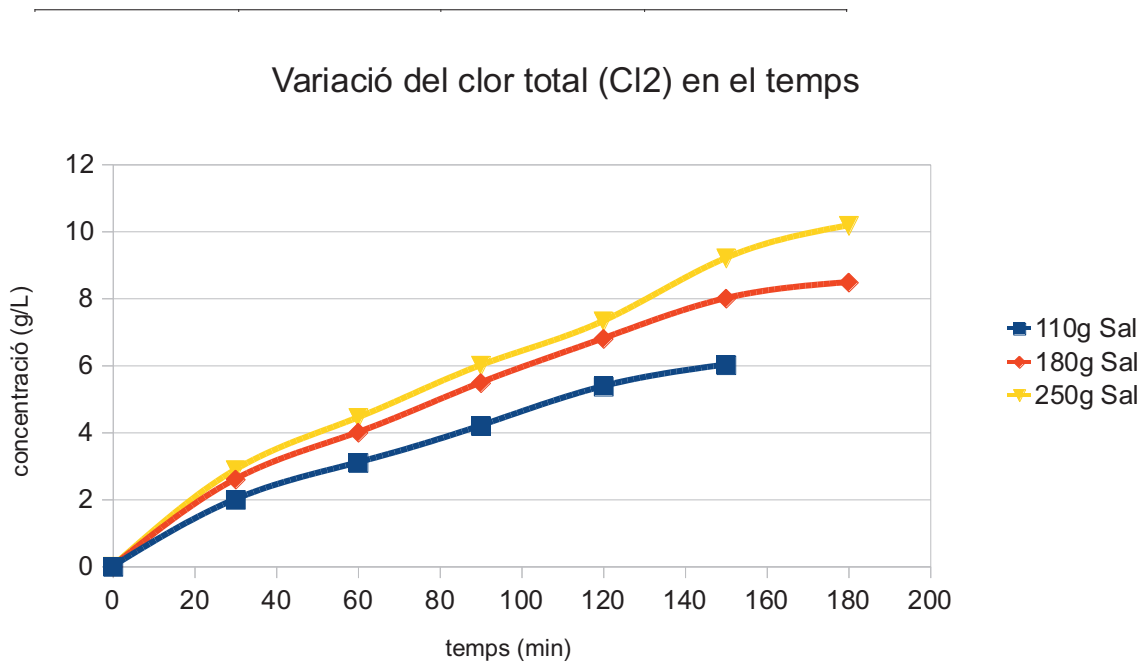
Gràfic 18: resultats de l'experiment 7.3

Discussió dels resultats:

La reacció ha estat actuant al llarg de 3 hores. Els resultats són molt positius, amb concentracions superiors als 10g/L.

Conclusió del bloc 7

En aquesta taula 37, observem els tres diferents experiments que hem fet al llarg del bloc 7.



Gràfic 19: resultats del bloc 7 / Font elaboració pròpia

Si interpretem bé la gràfica, podem comprovar que no només depèn de la intensitat, sinó també de la concentració. Això és a causa de que com més sal (NaCl) hi ha diluïda en l'aigua, més Clor es pot arribar a formar. A més concentració de (NaCl) més concentració de clor.

2.8. Conclusions finals dels experiments

Després d'haver realitzat més de vint diferents experiments, d'haver recollit centenars de dades, d'haver interpretat les diferents gràfiques i analitzat i comparat els diferents resultats, podem arribar a treure tota una sèrie de conclusions respecte la reacció.

- Hem de fer servir aigua el més pura possible. No es pot fer servir aigua de l'aixeta, porta impureses que reaccionen embrutant el lleixiu.
- Com més intensitat es pugui transferir a la solució, més quantitat de clor obtindrem. Segons la 1a llei de Faraday de l'electròlisi, "La massa d'una substància alterada en un elèctrode durant l'electròlisi és directament proporcional a la quantitat d'electricitat transferida a aquest elèctrode."
- Com més elèctrodes utilitzem, més clor total obtenim amb la mateixa quantitat de temps
- A més concentració de (NaCl) més concentració de clor.
- Es pot aconseguir treballar a una intensitat determinada (l'òptima del transformador), variant la concentració de sal o la distància entre càtode i ànode: com més sal més amperatge; com més separem els elèctrodes, menys intensitat.

2.9. Disseny de la màquina

Bases de disseny

La màquina ha de complir una sèrie de requisits.

- Simple
- Robusta
- Fàcil de construir: Hauria de poder-se construir amb uns elements disponibles al lloc on es farà servir, o al menys que es poguessin transportar amb facilitat des de Catalunya. D'aquesta manera el prototipus podria construir-se "in situ" i ells mateixos podrien fabricar-la amb relativa facilitat amb un bon manual de construcció.
- Fàcil de mantenir: Els elements que s'han de reposar més sovint són els elèctrodes de grafit han de poder-se canviar amb relativa facilitat.
- Fàcil de reparar: si algun element es trenca o deteriora ha de poder-se reparar fàcilment. (Amb la reacció, la barra de grafit és va desgastant per acció del clor. Per aquest motiu ha de ser fàcil de substituir.)

Projecte 1.

La idea és fer una màquina el més simple possible que es pugui posar a l'interior d'un recipient qualsevol d'unes mides mínimes i d'un material resistent al lleixiu (no pot ser metàl·lic), galleda, pot, barril, sitja.... i que sigui en aquest recipient on es produeixi el lleixiu.

Amb aquest disseny evitem el transport de la part més voluminosa de la màquina (el recipient) i per tant es facilita molt el seu transport.

Material

El material que utilitzem per fer les diverses màquines ha de tenir dos fonaments indispensables perquè la màquina pugui ser exportada a Haër.

Primer; els materials han de ser fàcils d'aconseguir. Si mai s'hagués de fer algun recanvi d'alguna pesa de la màquina, hauríem de poder-lo fer sense problemes.

Segon; no poden ser materials molt cars ja que això incrementa el cost de la màquina.

Per aquestes dues raons decidim que el material més adequat és el següent:

- Premsa estopes: Les utilitzem per aïllar la connexió del coure al grafit de l'aigua. D'aquesta manera, quan la reacció està produint clor, aquest no degrada el coure i no s'ha de canviar després de cada prova.
- Paper d'alumini: L'utilitzem per ampliar l'àrea de contacte entre el cable elèctric i el grafit per tal de facilitar el pas de l'electricitat.
- Suro: Com que els premsa estopes estan totalment submergits dintre de la dissolució, hem utilitzat el suro per evitar que l'aigua penetri a l'interior dels premsa estopes i entri en contacte amb la connexió cable-grafit.
- Cablatge de coure: L'utilitzem per fer les connexions. Utilitzem el coure perquè és un molt bon conductor i alhora barat i fàcil de trobar. A més a més el fem servir com a ànode.
- Elèctrodes de grafit: Utilitzem el grafit per les seves propietats que el fan resistent al clor. No és un material difícil de trobar ja que a l'interior de les piles en trobem en forma de barres de grafit.
- Transformador: aquest pot ser qualsevol carregador de bateries de cotxes amb un gran rang d'amperatge. Nosaltres utilitzarem el TRONIC T6 (Fig. 11) que ja hem utilitzat en els experiments anteriors.

Esquema

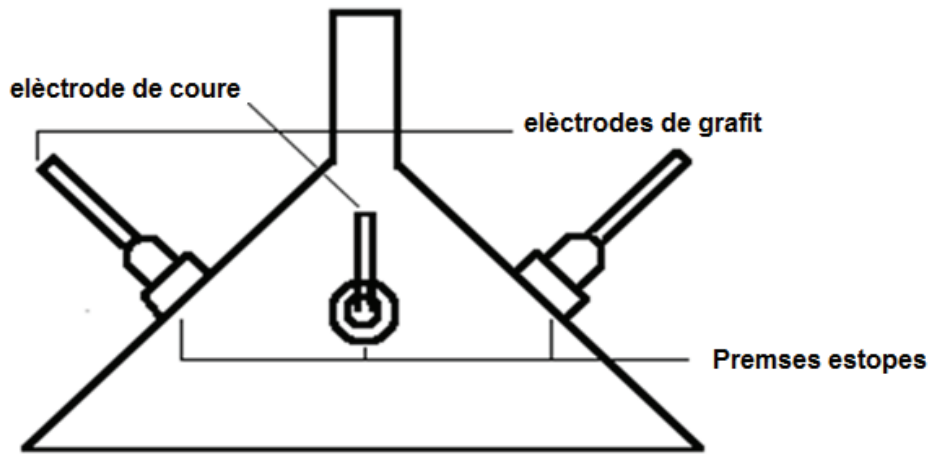


Fig. 16: esquema del projecte 1. / Escala: 1:2

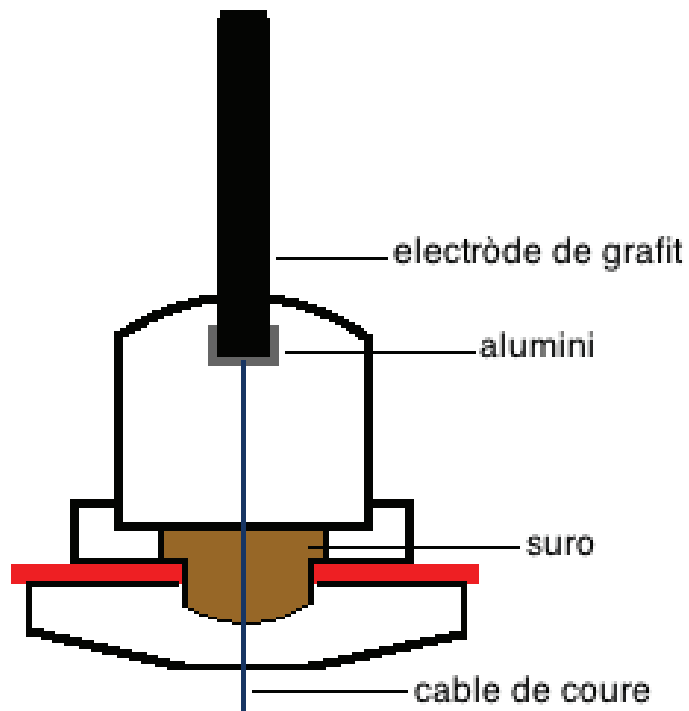


Fig. 17: esquema de la connexió grafit-cable. / Escala: 3:1

Construcció del càtode

Procés d'execució de la connexió cable de coure amb la barra de grafit.

Pas 1: Perforem el tap de suro amb una barrina.

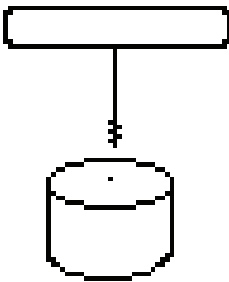


Fig. 18: pas 1

Pas 2: Passem el cable de coure pel forat realitzat en el pas 1. De tal manera que el cable passi a pressió.

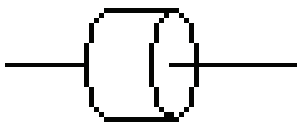


Fig. 19: pas 2

Pas 3: Pelem i col·loquem el coure amb contacte amb el paper d'alumini.

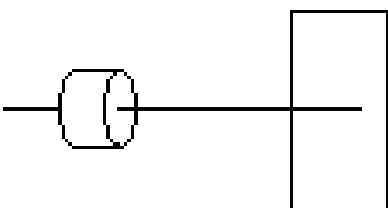


Fig.20: pas 3

Pas 4: Enrotllem l'alumini al voltant del core de tal manera que quedi fixat.



Fig. 21: pas

Pas 5: Introdueim l'estructura del pas 4 dintre el premsa estopa.

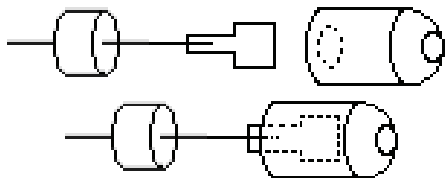


Fig.22: pas

Pas 6: Introdueim l'elèctrode de grafit al premsa estopa.

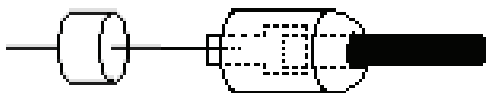


Fig.23: pas 6 / Font: elaboració pròpia

Pas 7: Pressionem el grafit perquè faci bon contacte amb l'alumini i tancar la premsa estopa.

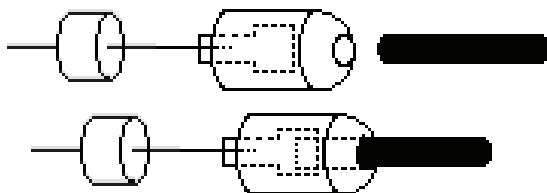


Fig. 24: pas

Pas 8: Desplacem el tap de suro fins que quedi estanc a l'interior del premsa estopa.

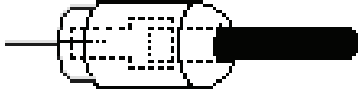


Fig. 25: pas 8



Fig. 26: aparença càtode

Avantatges del càtode

- Estanquitat: premses topes i tap de suro.
- Bona connexió: gran superfície de contacte barra de grafit - alumini.
- Facilitat de canviar la barra de grafit.

Construcció de l'ànode

Utilitzem el mateix procés que la realització del càtode però simplificat.

Pas 1: Passem el cable de coure per l'interior del premsa estopa i el fixem a 3cm.

Pas 2: Pelem la punta del cable que sobresurt (2cm).

Construcció del suport.

Després d'analitzar diferents estructures determinem que l'estructura òptima és un embut per les següents característiques:

- Base ampla: dona molta estabilitat.
- Coll estret: conducció dels cables.
- Objecte simple: barat i fàcil d'aconseguir a qualsevol lloc.

Connexió a la font d'alimentació.

Les connexions estan sempre fora de la dissolució i aïllades amb cinta aïllant o similars.

Connectem els cables que provenen del càtode (grafit) en el pol positiu (+) del transformador (cable vermell).

Connectem els cables que provenen de l'ànode (coure) en el pol negatiu (-) del transformador (cable negre).

Aparença



Fig. 27: projecte 1

Posada en escena

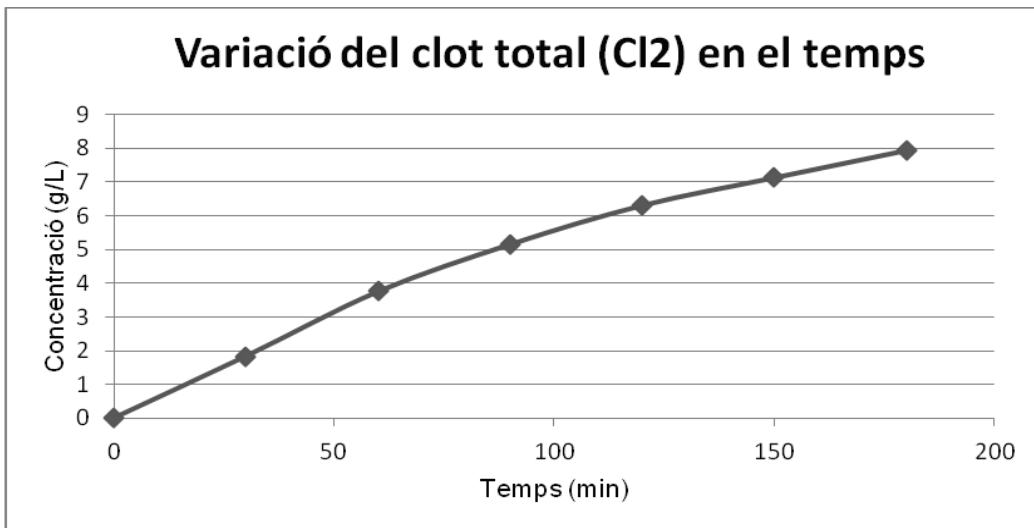
Variables fixades	
Concentració de Sal	0,250Kg de Sal en 1L (25%)
Voltatge	12V
Amperatge	3,5A
Ànode	Material: Coure Forma: Cable de 5mm de diàmetre
Càtode	Material: Grafit Forma: cilindre de 8mm de diàmetre i 50mm d'altura. Nombre d'elèctrodes: 2

Taula 38: variables fixades del projecte 1

Resultats:

Resultats del projecte 1	Mostra diluïda en aigua	Lectura HANNA mostra diluïda	mostra	
			ppm	Concen. (g/L)
Temps (min)	ml /1L	ppm	ppm	Concen. (g/L)
0	0,25	0	0	0
30	0,25	0,46	1840	1,84
60	0,25	0,94	3760	3,76
90	0,25	1,29	5160	5,16
120	0,25	1,58	6320	6,32
150	0,21	1,5	7143	7,14
180	0,21	1,67	7952	7,95

Gràfic 39: resultats del projecte 1



Gràfic 20: resultats del projecte 1

Els resultats són una mica inferiors als màxims aconseguits en els experiments de l'apartat 7.3, però igualment molt positius. Cal remarcar que només fem servir dos elèctrodes de grafit a diferència de l'experiment 7.3 (quatre elèctrodes de grafit).

Per motius de disseny del prototip 1, la distància que separa els elèctrodes és superior a la utilitzada en els experiments. Això fa que la resistència sigui major i en conseqüència, la intensitat menor. Pel que fa a la resta, tot sembla funcionar bé.

Projecte 2

L'objectiu d'aquest segon prototip, és construir una màquina semblant a l'anterior (Fig. 23) però una mica més sofisticada. Aquesta haurà de tenir una estructura sòlida i unitària (tot en forma d'una pesa).

Per a la seva realització utilitzarem el mateix material que utilitzem en el primer prototip, incloent-hi algun material més específic (interruptor, led..) per fer més còmode el funcionament de l'aparell.

Material

- Cable de coure.
- Paper d'alumini.

- Premses estopes.
- Elèctrode de grafit.
- Pot de plàstic.
- Leds.
- Gomes circulars de 1,8cm de diàmetre intern i 3cm de diàmetre extern (Fig. 25)



Fig. 28: gomes aïllants

Esquema

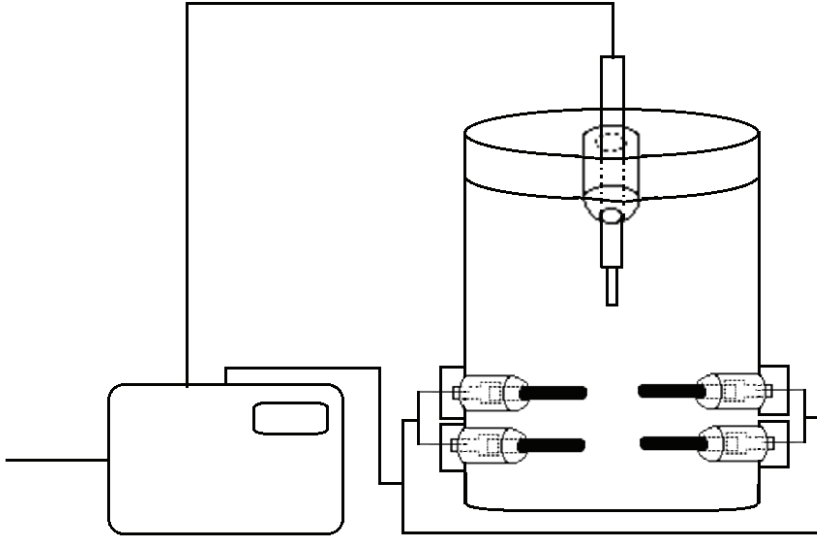


Fig. 29: esquema projecte 2 / Font: elaboració pròpia

Procés de creació

Pas 1: Fes dos forats a la part més baixa del recipient de plàstic. Un davant de l'altre. Repeteix el procés situant els forats 2cm més amunt però perpendicularment als anteriors.



Fig. 30: pas 1

Pas 2: Passa la goma circular pel voltant de la rosca de la premsa estopa¹⁹ (Fig. 14).

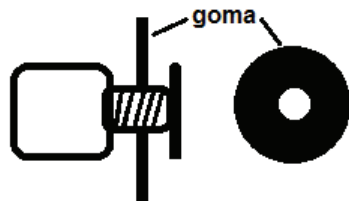


Fig. 31: pas 2

Pas 3: Col·loca les premses estopes (connexió grafit-cable) en els forats fets en el pas 1. Fes-ho per l'interior del recipient i cargola la femella per l'exterior de l recipient. La goma ha de estar a la part de dintre.



Fig.32: pas 3

Pas 4: Fes un forat al centre del tap del recipient.

¹⁹ El procés de creació de la premsa estopa esta explicat en el projecte 1 (Fig. 14). Per aquest segon prototip podem prescindir del tap de suro.

Pas 5: Passa pel forat del fet en el tap, l'estructura del ànode.²⁰

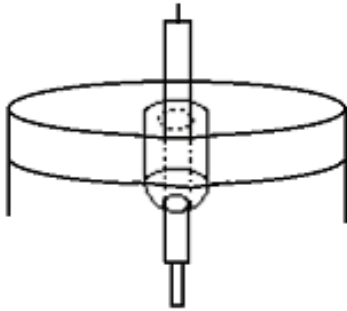


Fig. 33: pas 5



Fig. 34: Projecte 2

²⁰ L'estructura de l'ànode està explicada com construir-la en el projecte 1. La seva aparença es veu reflectida en la Fig. 23.

Posada en escena del projecte 2.

Aquest prototip el provem dos cops. Jugant amb diferents volums. El màxim del recipient és de 3,25L.

Posada en escena 2.1

Utilitzarem un volum de 2L.

Variables fixades	
Concentració de Sal	0,5Kg de Sal en 2L (25%)
Voltatge	12V
Amperatge	5 A
Ànode	Material: Coure Forma: Cable de 5mm de diàmetre
Càtode	Material: Grafit Forma: cilindre de 8mm de diàmetre i 50mm d'altura. Nombre d'elèctrodes: 4

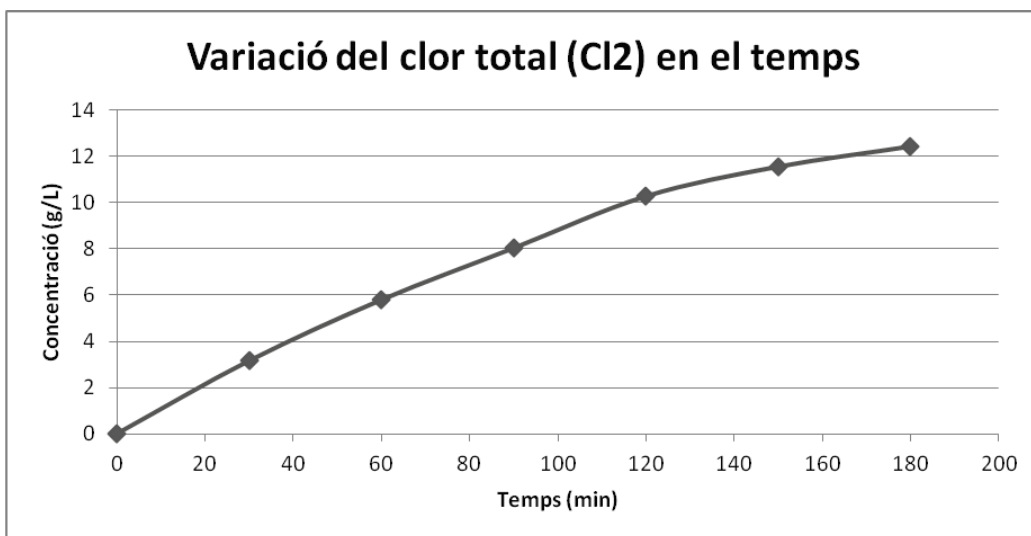
Taula 40: variables fixades del projecte 2, posada en escena 1.

Resultats

Prenem lectures de les primeres tres hores.

Resultats del projecte 2.1	Mostra diluïda en aigua	Lectura HANNA mostra diluïda	mostra	
Temps (min)	ml /1L	ppm	ppm	Concen. (g/L)
0	0,25	0	0	0
30	0,25	0,89	3560	3,56
60	0,25	1,45	5800	5,8
90	0,25	2,01	8040	8,04
120	0,21	2,16	10286	10,29
150	0,21	2,43	11571	11,57
180	0,18	2,24	12444	12,44

Taula 41: resultats del projecte 2, escena 1.



Gràfic 21: resultats del projecte 2.1

Discussió dels resultats:

Els resultats són molt positius ja que hem aconseguit una concentració del 12,5g/L en tres hores. Cal remarcar que en dos hores produïm 10,3g/L.

Posada en escena 2.2

Utilitzarem un volum de 3L. Aquest cop dóna la casualitat de que plou. Recollim aigua de la pluja per simular el procediment que s'haurà d'aplicar al Senegal. Després de tota la nit recollint aigua, obtenim 3,45L. Només utilitzem 3L.

Variables fixades	
Concentració de Sal	0,750Kg de Sal en 3L d'aigua de pluja (25%)
Voltatge	12V
Amperatge	5,5 A
Ànode	Material: Coure Forma: Cable de 5mm de diàmetre
Càtode	Material: Grafit Forma: cilindre de 8mm de diàmetre i 50mm d'altura. Nombre d'elèctrodes: 4

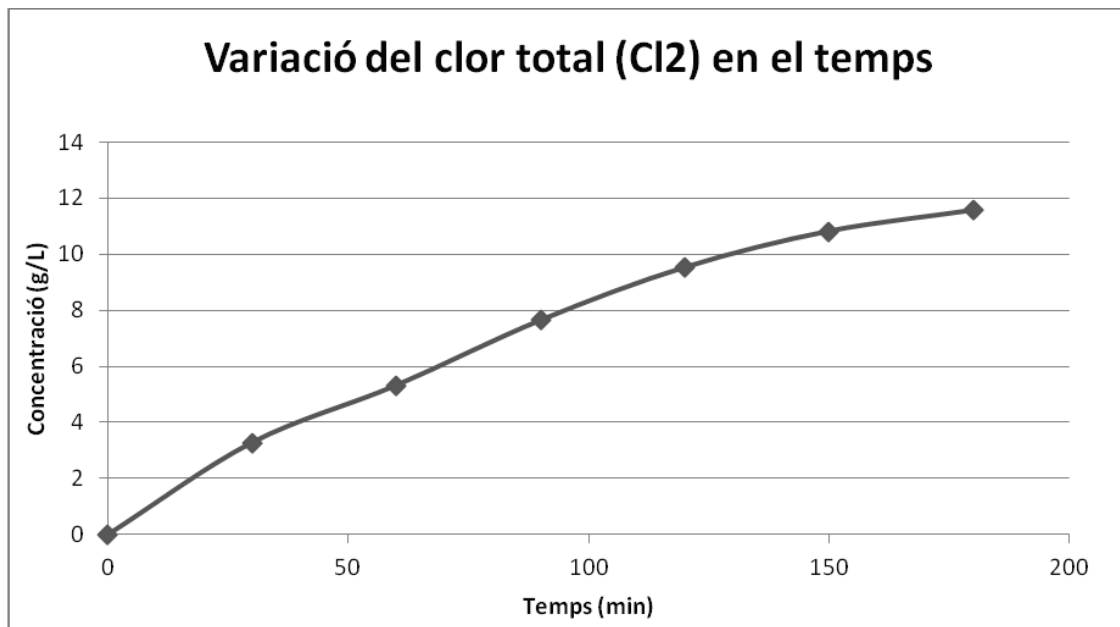
Taula 42: variables fixades del projecte 2, posada en escena 2.

Resultats

Prenem lectures de tres hores de funcionament.

Resultats del projecte 2.2	Mostra diluïda en aigua	Lectura HANNA mostra diluïda	mostra	
Temps (min)	ml /1L	ppm	ppm	Concen. (g/L)
0	0,25	0	0	0
30	0,25	0,82	3280	3,28
60	0,25	1,33	5320	5,32
90	0,25	1,91	7640	7,64
120	0,21	2	9524	9,52
150	0,21	2,27	10810	10,81
180	0,18	2,08	11556	11,56

Taula 43: resultats del projecte 2, escena 2.



Gràfic 22: resultats del projecte 2 escena 2.

Discussió dels resultats:

L'aigua de pluja no ens dona cap problema, fet molt important ja que no suposarà cap problema per l'aplicació del Senegal.

La concentració és una mica més baixa (10%) que els de la posada en escena 2.1. En canvi, la producció de clor és més alta (34,7g de Cl_2) ja que està dissolta en 3L en en front de 25,1g de Cl_2 dissolts en 2L. Això pot a causa de que a l'haver-hi major quantitat de sal es produeix més clor.

3. Conclusions

Al començament d'aquest treball, ens vam plantejar la hipòtesi següent:

“És possible construir una màquina que produeixi lleixiu de manera sistemàtica.”

Per demostrar la nostra hipòtesi, ens vam plantejar els següents objectius:

- Optimitzar el mètode de l'electròlisi estudiat anteriorment per la Berta Pi Boleda.
- Fabricar diversos prototips de màquina per una futura aplicació en un poble del Senegal.
- Estudiar l'electricitat que cal aplicar a la reacció per tal d'obtenir una millor qualitat del lleixiu.
- Estudiar diferents tipus de materials per a la construcció de la màquina i seleccionar-ne els més adients.
- Simplificar i abaratir al màxim el procés de construcció de la màquina.

A partir dels múltiples experiments realitzats en aquest treball i de la construcció de diferents prototips, podem extreure'n les següents conclusions.

Referents a l'electròlisi.

Primera; confirmem la nostra hipòtesi de treball. Gràcies a tots els experiments portats a terme, veiem que és possible produir lleixiu de manera sistemàtica. No obstant, no hem pogut aconseguir uns índex de clor com els que es poden trobar al mercat europeu (40g/L) ni senegalès (20g/L).

Segona; respecte als nostres objectius inicials, podem dir que els hem aconseguit tots i cadascun d'ells amb més o menys èxit. Un dels principals objectius es l'optimització de l'electròlisi. Si comparem els resultats dels primers experiments amb els resultats d'algun dels prototips finals, podem veure una diferència aclaparant referent a la

producció de clor.

Tercera; s'ha de treballar amb l'aigua més neta possible, l'aigua de pluja és la més adequada per a que la reacció treballi bé. Si s'utilitza aigua de pluja no hi haurà cap problema a l'hora de fer funcionar la màquina a Haër.

Quarta; ens hem adonat de la importància que té el paper de la intensitat en la reacció de l'electròlisi. Segons el científic Faraday i els seu gran estudi, demostrem que com més quantitat d'electricitat transferim a un elèctrode, més quantitat de clor n'obtidrem.

Cinquena; la concentració de clor total augmenta amb el nombre d'elèctrodes utilitzats a l'hora de sintetitzar lleixiu. Com més elèctrodes de grafit connectem al corrent elèctric, més clor produïm amb la mateixa quantitat de temps.

Sisena; a major concentració de sal (NaCl), major producció de clor. És recomanable treballar amb saturació de sal(25%).

Setena; és perillós treballar amb clor. El lleixiu s'ha de produir en un lloc ventilat ja que el clor gas és tòxic.

Referents a la màquina.

Vuitena; cada transformador té un interval d' amperatge de treball. Per això, cal determinar per cadascun quina és la intensitat adequada i treballar en funció d'aquesta. Variant-ne la resistència, podem aconseguir qualsevol intensitat i així obtenir l'adequada.

Novena; la màquina ha de ser el més simple possible. Així aconseguim que sigui el més econòmica i al mateix temps, facilitem la seva construcció. D'aquesta manera els beneficiaris la podran construir i reparar ells mateixos "in situ" amb facilitat.

Desena; els materials han de ser de fàcil obtenció. Aquest fet permet que els materials no s'hagin d'importar, sinó que amb els recursos que podem trobar a Haër, es pugui construir la màquina. A més a més, ens estalviem el transport.

Onzena; la màquina ha de ser resistent, molt fàcil de reparar i mantenir. La part més fràgil són les barres de grafit i a més a més al llarg de la reacció es van desgastant.

Referents als nostres prototips.

Dotzena; hem construït dos prototips que compleixen els requisits següents; simple, resistent, fàcil construcció, reparació i manteniment gràcies les premses estopes. Aquestes permeten la substitució de les barres de grafit a l'instant.

Tretzena; les variables òptimes de funcionament són les següents: 12Volts, 5-6 Ampers, 3 hores de funcionament, 25% de concentració de sal, 4 elèctrodes de grafit i 1 de coure i 2-3 litres de solució.

Catorzena; en general, el temps òptim de funcionament de la màquina és de tres hores (arribem a concentracions de 12-13 g/L de clor total). S'hauria d'estudiar en detall, però: si l'electricitat és molt cara, és més econòmic produir clor només durant dues hores (arribem a concentracions de 10g/L). En canvi si és la sal la que és cara, la reacció hauria de durar més de tres hores.

Agraïments

Vull expressar el meu agraïment a la meva família pel seu suport i l'ajuda que m'han ofert en tot instant.

Agrair també a tots als professors que han contribuït en els meus aprenentatges el seu esforç. Ells m'han ensenyat tot el que he après.

Sobretot m'agradaria donar les gràcies al tutor del treball de recerca. L'Aniol Noguera sempre m'ha orientat al llarg d'aquest llarg camí que és el treball de recerca. En tot moment m'ha sabut motivar amb alguna idea interessant expressada en forma de metàfora.

També vull agrair a la Maria del Mar Diaz Mercado (llicenciada en química) la seva ajuda en els mètodes emprats en la determinació del clor.

Bibliografia

~~XXXXXXXXXX~~ ATL GESTIÓN [en línia]. *Breve historia de la lejía* <<http://www.atl-gestion.com/PRIVADO/lejia.htm>> [Consulta: 15/09/12]

BAFALAY [document intern en pdf]. *Projecte Haër 2010*. [Consulta: 29-09-1]

BAFALAY [en línia]. *Projectes*. <<http://bafalay.blogspot.com.es/p/projectes-en-execucio.html>> [Consulta: 29-09-1]

BAFALAY [en línia]. *Qui som*. <<http://bafalay.blogspot.com.es/p/qui-som.html>> [Consulta: 29-09-1]

EMBAJADA ESPAÑOLA [document en pdf]. *Legislación laboral*. <<http://www.oficinascomerciales.es/icex/cma/contentTypes/common/records/view>> [Consulta: 5 de febrer 2012].

ENCICLOPÈDIA CATALANA [en línia] *Lleis de Fàraday*. <http://www.enciclopedia.cat/fitxa_v2.jsp?NDCHEC=0025982&BATE=lleis%2520de%2520Faraday> [Consulta: 20-08-12]

ENCICLOPÈDIA CATALANA [en línia]. *Osmosi*. <http://www.enciclopedia.cat/fitxa_v2.jsp?NDCHEC=0128468&BATE=osmosi> [Consulta: 16-8-12]

FACULTAD DE QUÍMICA [en línia]. *Electrólisis*. <www.fq.uh.cu/qf/uclv/infoLab/practics/practicas/Electrolisis/teoria.htm> [consulta: 3/4/12]

HANNA [en línia]. *Instruments*. < <http://www.hannainst.co.uk/> > [Consulta: 26-07-12]

MINISTERIO DE EMPLEO I SEGURIDAD SOCIAL [document en pdf]. *Quantitat de salari mínim*. <<http://www.meys.es/es/informacion/smi/contenidos/RD188811.pdf>> [Consulta: 7 de febrer].

MINISTERIO DE TRABAJO I ASUNTOS SOCIALES ESPAÑA [en línia].
Desinfectantes.
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_429.pdf> [consulta: 27-08-12]

PI BOLEDA, Berta. *El lleixiu: una substància indispensable per ala vida*. Granollers
9 de desembre 2010

WIKIPÈDIA [en línia]. *Índex de desenvolupament humà*.
<http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_Human_Development_Index>
[Consulta: 15-09-12]

WIKIPÈDIA [en línia]. *Llei d'Ohm* <http://ca.wikipedia.org/wiki/Llei_d'Ohm>
[Consulta: 19-09-12]

CONSEJO COLOMBIANO DE SEGURIDAD [en línia]. *Hoja de datos de seguridad cloro*
<http://www.cnpml.org.sv/SAICM/public/documentos/HojasDeSeguridad/Hoja_de_Seguridad_del_Cloro.pdf> [Consulta: 4-10-12]