UAB
Universitat Autònoma de Barcelona

escola d'enginyeria

EPOXY LABS

MANUFACTURING THE FUTURE

Chancahuaña Sosa, Alvaro Gonzalo
Escursell Cols, Laura
Ferré Grau, Judith
Hayden Bossy, Luke
Pujol Vives, Pau
Alonso Ribas, Guillermo
Bartrolí, Albert

UAB
Universitat Autònoma de Barcelona

escola d'enginyeria

EPOXY LABS

MANUFACTURING THE FUTURE

CAPÍTOL 11

Millores i ampliacions

Índex

11.1. Introducció 1

11.2. Ajust dels corrents de refrigeració 1

11.3. Recuperació del BTAC 2

11.4. Reaprofitament energètic per a refredar el producte DGEBA 5

11.5. Ampliació de la capacitat d'emmagatzematge de NaOH N-113 8

11.6 Plaques solar 8

11.7. Economia circular 13

11.8. Utilitzar H_2 en comptes de gas natural 15

11.9. Cogeneració 16

11.10. Obtenció de resina amb baix contingut en clorurs hidrolitzables 17

11.11. Utilització d'una resina IO per poder recuperar la resina epoxi més fàcilment. 18

11.12. Implementació de processos de curació i altres 19

11.13. Bibliografia 20

11.1. Introducció

En aquest apartat es presenten diferents projectes i estudis a valorar durant el projecte planta pilot o per afegir en un futur amb la finalitat de millorar el procés productiu, obtenir una planta més autosuficient amb una major implicació cap al medi ambient donant una segona vida als residus de la planta i ajustant-se a les necessitats reals de la planta.

11.2. Ajust dels corrents de refrigeració

Al llarg del projecte s'han anat detallant i quantificant els diferents serveis que requereix la planta. En aquest procés el circuit de refrigeració treballa tant en continu com en discontinu a l'hora i en funció de les necessitats que requereixi cada element en el moment determinat.

Aquest fet ha condicionat una sobre dimensió dels serveis ja calculats perquè sempre s'ha suposat que tots els corrents es troben treballant en continu i en els màxims requeriments possibles. A més tant per als tancs pulmó, com els tancs d'emmagatzematge i els reactors s'ha estimat un volum de refrigeració en les pitjors condicions i d'uns forma continuada quan la realitat no s'ajusta a aquestes condicions.

Això és degut a que les màximes necessitats per a reacció es donen a terme només durant l'inici de reacció i posteriorment aquestes van disminuint fins a arribar a ser nul·les i aturar-se durant les càrregues i descàrregues.

En el cas dels tancs d'emmagatzematge s'ha suposat una refrigeració constant amb una alta quantitat de refrigerant per a suposar unes condicions adverses quan la finalitat d'aquest circuit refrigerant és ser utilitzat en un cas de necessitat puntual i no per sistema.

Per últim la variació dels corrents, en ser discontinus, provoca un canvi a la temperatura total del corrent que es subministra al chiller per a ser refredat i per tant és necessari analitzar totes les possibles situacions i com varia aquesta temperatura per saber realment la quantitat a tractar.

Es per això que es proposa realitzar un estudi durant la planta pilot per a poder analitzar i valorar d'una forma precisa quina és la quantitat i les característiques d'aquests corrents que formen part del circuit de refrigeració.

11.3. Recuperació del BTAC

En aquesta millora l'objectiu és recuperar el BTAC emprat per la primera reacció (N-224) i que es separa durant la destil·lació 1 (N-333). Es vol recuperar d'una forma continua i així disminuir els residus de la planta a l'hora que es redueix el consum de matèries primeres i el cost tant en comprar BTAC fresc com a l'hora de dur a tractar el corrent a gestió externa.

La modificació es duu a terme a la nau N-333 i concretament s'inicia a la centrifugadora S-330.1 on se n'obté un corrent format per aigua i BTAC.

Aquest corrent en comptes de ser dirigit a un tanc d'emmagatzematge és dirigit a un nou intercanviador de calor situat posteriorment al bescanviador de calor de plaques H-330.2.

En aquest nou bescanviador de calor s'augmentarà la temperatura del corrent format per BTAC i aigua fins a una temperatura de 99ºC evaporant així l'aigua i formant una mescla gas-líquid.

A més s'aprofita per a escalfar un corrent que necessita refrigeració i per tant es produeix un estalvi d'energia no emprant un corrent provinent del sistema de calefacció, per escalfar-lo. Cal destacar que la diferència de cabals és molt elevada entre els dos corrents de forma que mentre el corrent de BTAC i aigua augmenta la seva temperatura de 55ºC a 99ºC el cabal que s'obté per a ser tractat i que conté INTER com a component principal, només experimenta un canvi de mig grau que no afecta al desenvolupament del sistema i només implicarà una disminució de la temperatura a la que s'enviarà a emmagatzemar el corrent d'INTER i MIBK al tanc pulmó T-220.1 fins a realitzar-se la primera reacció de deshidrocloració. Concretament en comptes d'emmagatzemar-lo a 82ºC s'emmagatzema a 81,5 ºC. Aquesta diferència de temperatura no suposa a cap canvi en el procés.

Com es vol definir una temperatura molt concreta, 99ºC, a més de la utilització del corrent d'INTER, un fluid molt viscós, el bescanviador ha de ser de plaques i amb un disseny molt específic.

La mescla formada per aigua i BTAC és desplaçada fins a un nou separador flash on es separa la mescla gas-líquid. En aquest s'obté d'una banda un corrent líquid format per BTAC amb una composició màssica del 99,90% de forma que es pot dissoldre formant una composició del 60% en BTAC i 40% en aigua per a poder ser introduïda de nou al primer reactor (R-420.1) .

D'altre banda se n'obté un corrent format per 87% en composició màssica en aigua que es durà a tractar a gestió externa. Es podria valorar fer algun altre tractament per a aquest corrent i recuperar més quantitat de BTAC però s'està parlant d'un corrent amb un cabal de 1,5 kg/h de forma que

s'hauria de realitzar un estudi i valorar si val la pena i en cas que no aquest sigui tractat a gestió externa.

Val a dir que les dimensions del separador que s'obté per a separar el BTAC i l'aigua són les següents:

Taula 1. Dades del separador flash de BTAC i H2O.

Volum (m^3)	0,12
Diàmetre (m)	0,31
Alçada (m)	1,68

Finalment a continuació es mostra un esquema de com quedaria la nau de destil·lació 1 (N-333) posteriorment de realitzar aquest canvi.

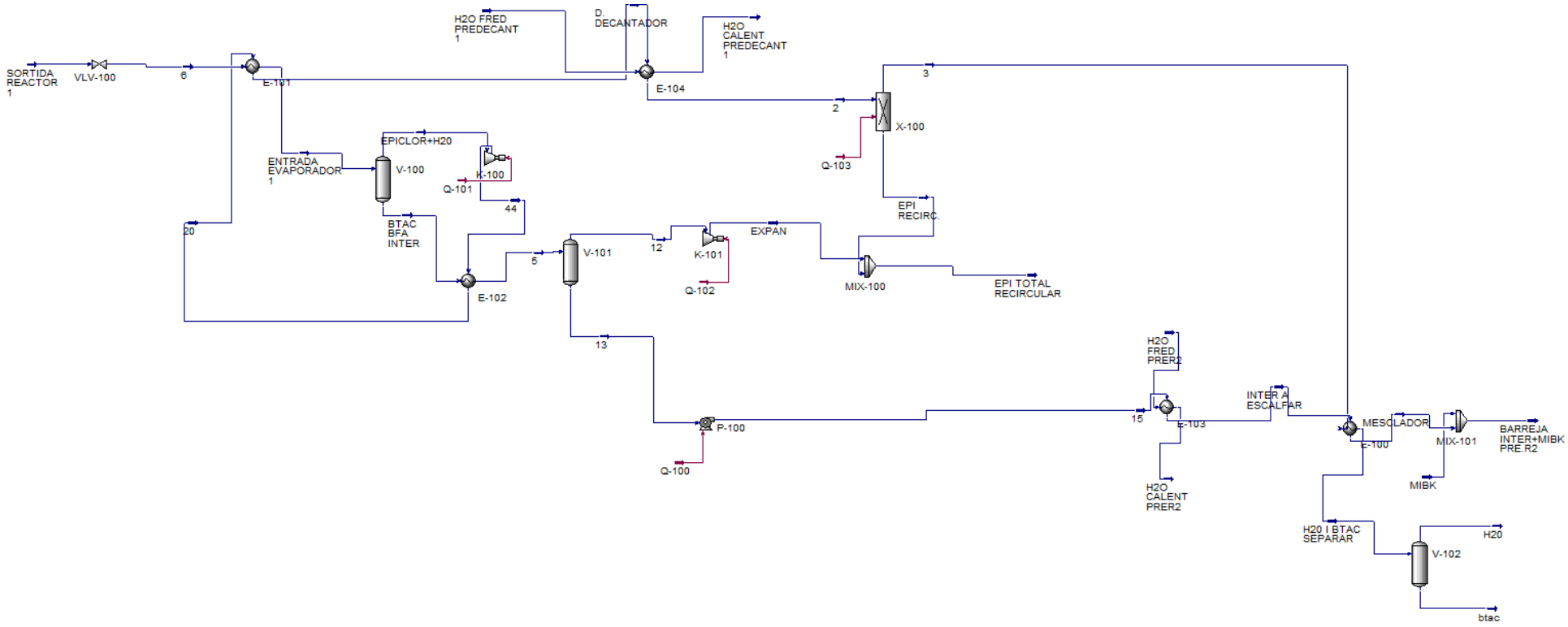

Figura 1. Destil·lació 1 (N-333) amb la millora aplicada.

11.4. Reaprofitament energètic per a refredar el producte DGEBA

Una altra possible millora d'aprofitament energètic és que la resina epoxi líquida que s'obté a la sortida de la destil·lació 3 (N-331) després d'unir-se ambdós corrents provinents dels aparells E-130.1 i E-130.2, i que es troba a una temperatura de 148ºC sigui refredada a partir d'un corrent del procés i no mitjançant un corrent del sistema de refrigeració realitzant així un aprofitament energètic.

A 148ºC és impossible enviar-la directament al seu magatzem (N-115), de forma que s'utilitza aquest corrent com a calefactor al mateix temps que aquest disminueix la seva temperatura.

Per a poder-ho fer es desplaça el corrent final a la nau N-333 on es duu a terme la destil·lació 1 i s'introdueix un bescanviador de calor previ a l'entrada del WFFE E-330.1. Aquest nou bescanviador seria caracteritzat per ser de plaques ja que el corrent a tractar DGEBA i és un fluid molt viscós. Com a resultat tot i que el corrent a tractar provinent del reactor 1 (R-420.1) només augmentaria la temperatura del seu cabal fins a un màxim d'un grau la DGEBA disminuiria la seva temperatura fins a 30ºC.

Tot i que introduir aquest bescanviador implica un cost inicial addicional per afegir un nou bescanviador a la llarga es veurà recompensat en un estalvi d'energia a l'hora de refredar el corrent DGEBA.

En el cas del corrent de DGEBA final es disminuiria la seva temperatura fins a 30ºC de forma que després només seria necessari un altre bescanviador de calor per acabar de refredar la resina fins als 20ºC d'emmagatzematge o aquests 10ºC ser refredats al tanc d'emmagatzematge (N-113) i aprofitar aquest sistema de refrigeració del qual disposa el tanc.

Val a dir que si es refrigera aquest corrent al tanc d'emmagatzematge es suposaria una disminució de les adversitats del transport de DGEBA fins al tanc ja que a més temperatura menor és la viscositat i per tant augmenta la facilitat en ser desplaçat.

En cas d'escollir un bescanviador es necessita un corrent procedent del sistema de refrigeració. Aquest nou cabal és molt més petit en comparació a refredar la DGEBA a la sortida de destil·lació 3 (N-331) ja que es requereix menys cabal per refredar un corrent de 30ºC a 20ºC que de 148ºC a 20ºC.

Finalment aquest reaprofitament, tot i que provoca un cost d'instal·lació més elevada, comporta un estalvi i reaprofitament energètic, una reducció dels cabals del sistema de refrigeració i de retruc una disminució del cabal a tractar al chiller.

A continuació a la figura 2 es mostra un esquema de com quedaria la sala de destil·lació 3 (N-331) i a la figura 3 la sala de destil·lació 1 posteriorment en aplicar aquesta millora.

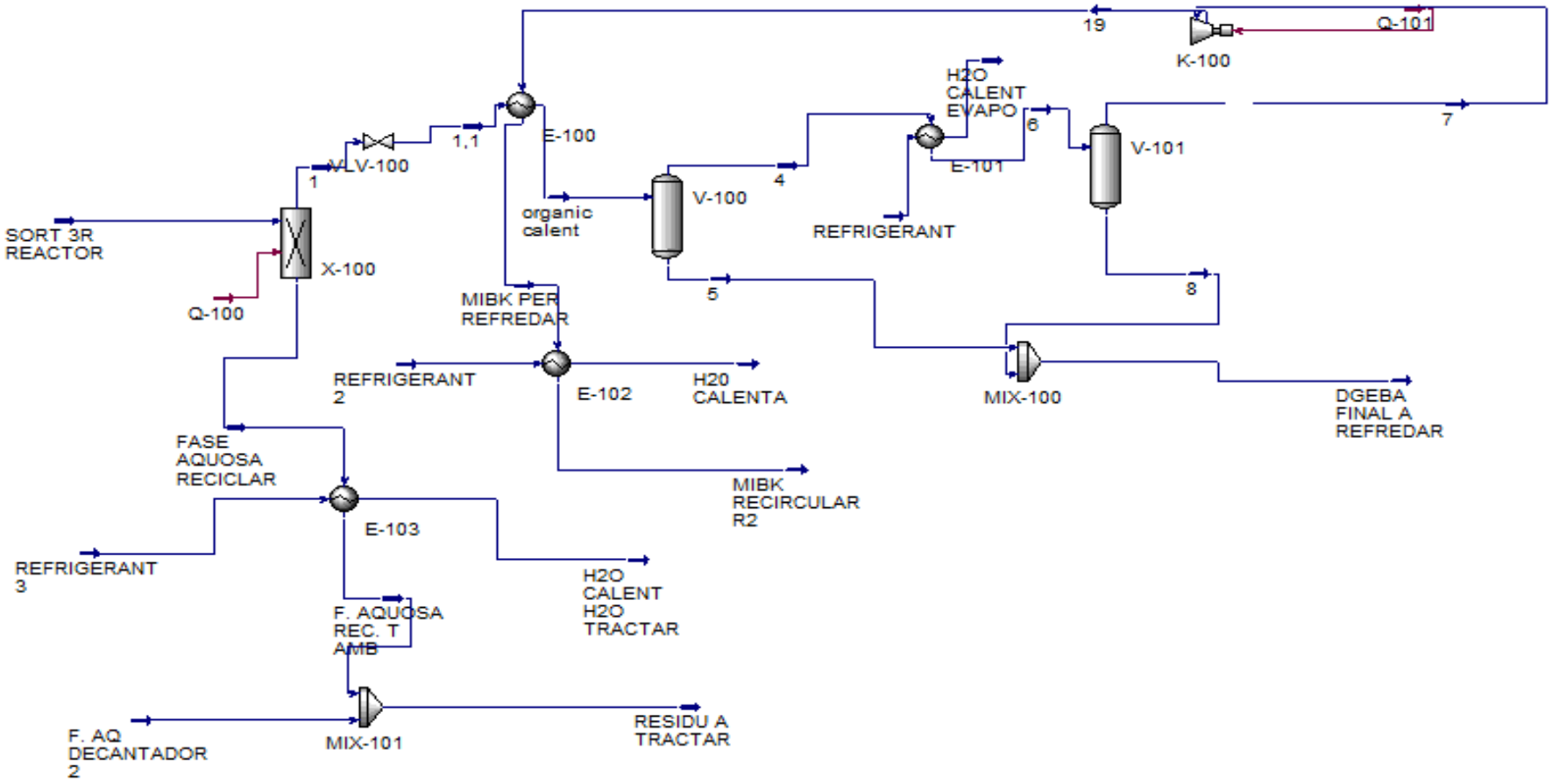

Figura 2. Destil·lació 3 (N-331).

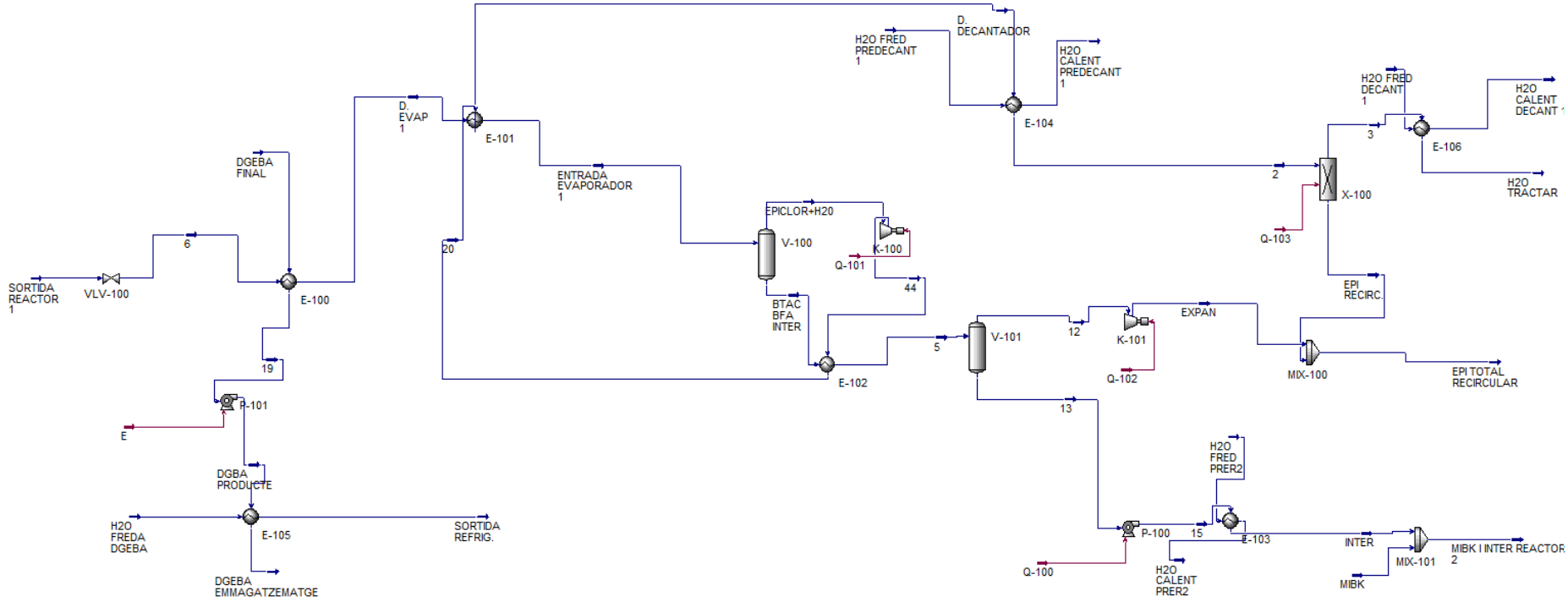

Figura 3. Destil·lació 1 (N-333).

11.5. Ampliació de la capacitat d'emmagatzematge de NaOH N-113

En la planta EPOXYLABS, S.L., en la nau 113 es troba el magatzem del NaOH s'ha observat que la capacitat dels depòsits construïts dura només per a un dia i mig de producció de la planta. Per això, una millora seria augmentar el nombre de tancs i el seu volum per almenys tenir capacitat de producció fins a 3 dies. D'aquesta manera, també es comprimeix el sistema de transport de la mercaderia incloent una disminució del seu preu i així si ha cap problema de subministrament al cap de setmana o en festius durant l'any no s'ha d'aturar la producció.

11.6 Plaques solar

L'objectiu principal de la planta EpoxyLabs, S.L. és al llarg dels anys convertir-se una empresa més curosa amb el medi ambient alhora d'obtenir un rendiment òptim en el procés de producció sense tenir un elevat consum d'energia. Per aquest motiu, es planteja com a millora fer que el circuit de refrigeració de la instal·lació sigui a través d'un sistema híbrid basat en la calor solar, també anomenat HyCool [3]. Aquest projecte es basaria en construir una instal·lació d'un camp solar en una parcel·la adjacent a la planta, a més de construir una sala tècnica prefabricada al costat d'aquest camp solar per poder obtenir vapor d'aigua per la planta de producció a partir d'energia solar i construir una sala tècnica dins del recinte que subministri fred a la planta, fent servir bombes d'adsorció.

L'alimentació dels processos industrials, si es basa en tecnologies renovables, pot oferir un potencial més gran per a la reducció de les emissions de CO_2, que per tant, suposaria un estalvi econòmic pels impostos que s'han de pagar per les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

L'energia solar tèrmica és un sector prometedor que ha estat àmpliament estudiat durant les darreres dues dècades, convertint-se en el potencial més gran entre les tecnologies d'energia renovable, especialment per als processos industrials de calefacció i refrigeració, perquè algunes tecnologies, com les bombes de calor i la recompressió mecànica de vapor, són particularment eficaços en sistemes híbrids.

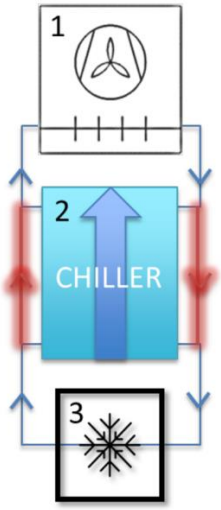

Figura 4. Simplified cheme of the general concept of free-cooling. 1-dry cooler, 2-chiller and 3 -cold distribution system.

L'ús de calor solar directe a la indústria sovint es veu obstaculitzat per barreres com la manca de superfície disponible propera i els desequilibris estacionals. No obstant això, els recents desenvolupaments de vapor solar aplicats als serveis de demanda de refrigeració estan creixent a tot el món amb una major varietat d'usos, principalment dins de la indústria. Algunes tecnologies, com les bombes de calor, són particularment eficaços.

En resum, l'energia solar tèrmica proporcionada pel nou sistema a implementar de HyCool a la planta d'EpoxyLabs, S.L. permetria:

- Reduir els costos de producció mitjançant l'ús d'una font d'energia gratuïta.
- Augmentar l'eficiència del sistema utilitzant l'energia tèrmica residual per produir aigua calenta o vapor.
- Reduir les emissions globals de CO_2 reduint l'ús de combustibles fòssils per produir aquesta calor.

<u>Com convertir la calor solar i la calor residual industrial en un efecte de refrigeració útil?</u>

Els processos industrials sovint consumeixen molta energia i la necessitat de la seva descarbonització eficient és ara a l'ordre del dia de les polítiques governamentals i corporatives a tot el món. Tot i això, les solucions per a la transició ecològica del sector industrial han de ser:

- Flexible
- Àmpliament aplicable
- Fiable

El seu objectiu ha de ser:

- Minimitzar el consum d'energia.
- Reduir els costos operatius.
- Reduir la petjada de CO_2

<u>El concepte de bomba de calor híbrida</u>

Per aquest motiu, per obtenir aquests beneficis, el sistema HyCool proposa la combinació d'una bomba de calor tèrmica amb una bomba de calor elèctrica: la bomba de calor tèrmica explota la calor residual a baixa temperatura (és a dir, 70-90 °C) que generalment no s'utilitza o s'aboca al ambient. També pot ser alimentat per fonts renovables, com ara la calor solar i la biomassa. La bomba de calor elèctrica pot explotar l'electricitat produïda localment (és a dir, de panells fotovoltaics o altres fonts) i, per tant, augmentar encara més la proporció d'energies renovables.

La hibridació consisteix en la configuració de les dues bombes de calor: poden treballar en sèrie, en paral·lel o en cascada, simplement canviant les connexions hidràuliques. Això fa que la configuració de HyCool sigui flexible i fàcilment adaptable a diferents casos industrials.

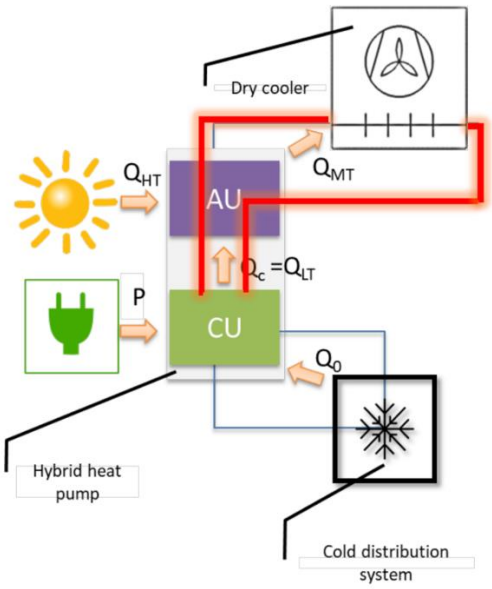

Figura 5. Schme of the HHP in cascade connection. The red highlighted lines indicate the direction of heat transfer in free-cooling mode.

Per tant, en l'empresa EpoxyLabs, S.L. s'ha d'estudiat el cas per a un circuit de refrigeració amb un salt de temperatura de 10-22ºC. Per fer-ho s'ha utilitzat el simulador de prefactibilitat HyCool [4], el qual demana els requisits que ha de complir el procés i seleccionar en quin rang de valors es troba per a les següents 5 característiques:

- Irradiació solar directa (DNI) in situ.

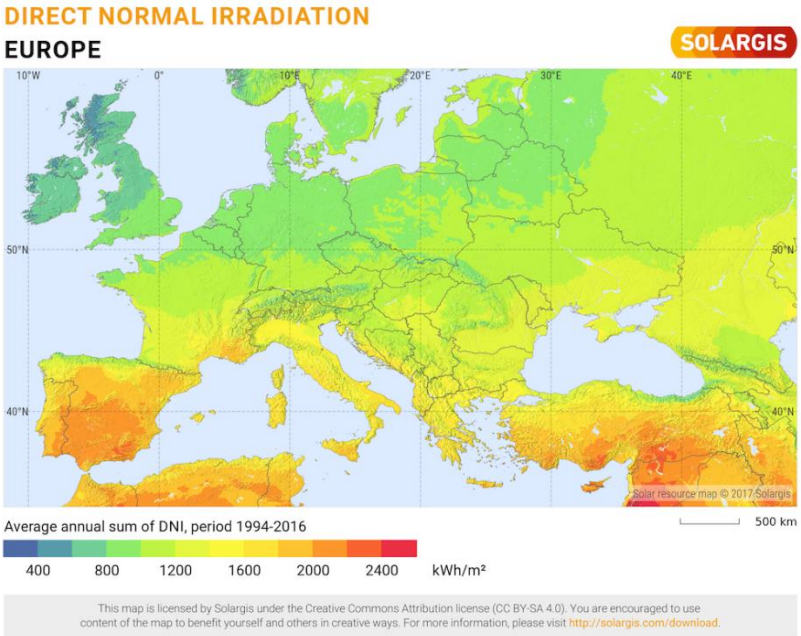

Figura 6. Mapa de recursos solars [4].

- Temperatura ambient mitjana anual in situ.
- Temperatura requerida del procés de refrigeració.
- Preu de l'electricitat: preu per kWh d'electricitat que utilitza per fer funcionar els refredadors in situ.
- Hores anuals de funcionament a plena càrrega.

En conclusió, aquest projecte segons el simulador de prefactibilitat HyCool [4] si que seria factible i ajudaria tant a reduir les emissions de GEH (Gasos d'Efecte Hivernacle) com el consum d'energia en termes d'electricitat i gas, ajudant a assolir l' objectiu d'electricitat 100% renovable.

Tot i així, un resultat positiu no garanteix que invertir en tecnologia HyCool sigui una bona inversió. De fet, per avaluar la viabilitat de manera detallada, un expert en gestió de l'energia hauria de fer un estudi de viabilitat complet i anar presencialment a la fàbrica.

Un dels problemes principals seria trobar el lloc on instal·lar els col·lectors solars, ja que es requereixen més de 1000 m^2 de superfície, i han d'estar ubicats preferiblement sobre un sostre. Però, a causa de la manca de superfície als nostres edificis i per raons de seguretat, principalment per la presència de productes inflamables gairebé en tota la planta, obligaria a construir la instal·lació del camp solar a nivell del terra, i per tant, fora del recinte, cosa que s'hauria de demanar permisos d'obra i comprar més terreny contant que no hi ha altres plantes químiques industrials a tot el voltant del perímetre.

També s'hauran de complir tots els requisits d'EHS (Enviroment Health and Safety), inclosa la garantia d'un bon pla de treball per dur a terme l'execució i caldria esperar a una sèrie de contractistes externs i empreses in situ durant la instal·lació, ja que es tracta d'un projecte subvencionat per la Unió Europea en el qual participen altres empreses molt conegudes com són Givaudan Ibèrica S.A. i Bo de Debò, que es dediquen a l'alimentació, fragàncies i aromes.

11.7. Economia circular

La gestió de residus es molt important en el disseny d'una planta, i el fi de tot procés productiu és arribar al desenvolupament sostenible, per això s'ha de tenir en compte l'àmbit mediambiental, social i econòmic. La plantilla d'economia i de I+D s'encarregarà de les millores per ser més rentables econòmicament i equitativament. La plantilla administrativa, de recursos humans i publicitària s'encarregaran de poder tenir un millor desenvolupament social.

Per a arribar a un desenvolupament ple mediambientalment es requereix tancar el cicle de vida de les substàncies que intervenen al procés, es a dir, practicar l'economia circular.

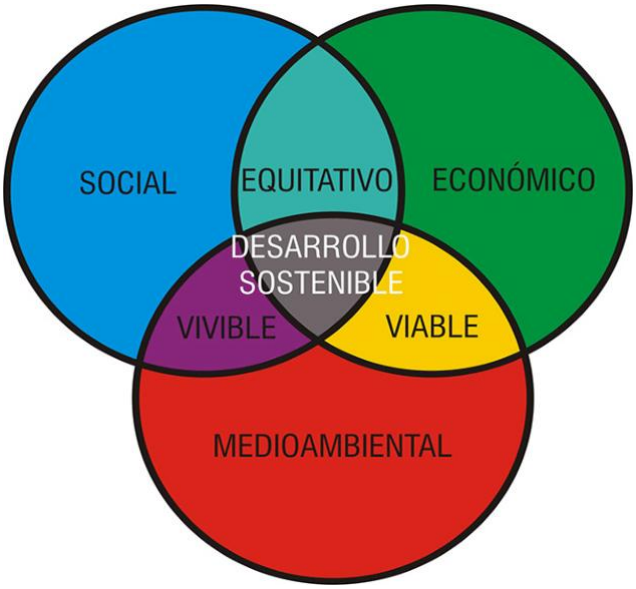

Figura 7. Desenvolupament sostenible.

L'economia circular tracta de treure el concepte de residu, perquè les substàncies o materials que intervenen al procés puguin ser reutilitzades constantment formant un cicle. Per tant s'han de reaprofitar al màxim els "residus" de la planta. Com aquesta és una economia i pensament en desenvolupament es realitza un pla amb els coneixements i avenços actuals.

Bisfenol-A és un component que surt com a impuresa a la resina epoxi i que no val la pena tractar ja que la quantitat que n'hi ha és insignificant i no val la pena tractar-la.

L'epiclorhidrina és un reactiu en excés que es separa i recircula quasi en la seva totalitat durant la destil·lació 1 (N-333) encara que una petita fracció es trobarà al corrent de recirculació del dissolvent MIBK que s'obté a destil·lació 3 (N-331). Val a dir que la quantitat d'aquest component és insignificant i tampoc val la pena tractar-lo.

El BTAC és la substància que es perd en més quantitat i no es recupera, per tant calen millores. En aquest apartat s'exposaran dos millores més per a recuperar aquest compost.

La primera es tractar el catalitzador amb un procés altern, i l'altre utilitzar una resina d'intercanvi iònic per immobilitzar el catalitzador.

L'aigua amb BTAC surt de tres corrents diferents situats a les naus N-333, N-332 i N-331. El primer corrent és principalment aigua amb BTAC la qual se li aplica un tractament de filtració i osmosi inversa i es podrà obtenir d'una banda el BTAC i per l'altre un corrent d'aigua que es pot fer servir per als serveis de la planta com generació de refrigeració o vapor, o es pot avocar a llera pública.

El segon i tercer corrent on s'obté BTAC està format per BTAC, aigua, NaOH i NaCl, i el seu procés de tractament s'explica a l'apartat del tractament del NaCl. L'aigua recuperada es pot utilitzar també per a refrigeració i per vapor.

La base de hidròxid sòdic surt a la N-332 i N-331. Els dos corrents tenen una composició de BTAC, aigua i NaOH i NaCl. La mescla es tractada afegint un àcid fort el qual serà àcid clorhídric per neutralitzar la dissolució i tenir solament aigua i sal (perquè del tractament de BTAC ja s'ha parlat).

L'Intermedi és un altre component que forma part de les impureses de la resina epoxi i que no val la pena tractar.

El MIBK surt en gran quantitat en la N-331 però aquest ja es tractat per poder recircular-lo. Per tant no es canviarà el tractament.

La NaCl surt en els mateixos corrents que el NaOH, i posteriorment al tractament de neutralització i la millora del BTAC, només restarà aigua i sal. Per tant, aquest procediment és més laboriós però es poden obtenir grans millores. Per a realitzar-ho s'implementa un procés de producció clor-sosa mitjançant una electròlisi. Aquest procés productiu és ja molt conegut i molt utilitzat per l'obtenció de sosa càustica i clor. Els equips emprat es destinaran a la nau de tractament N-442.

$$2\,NaCl + 2\,H_2O \longrightarrow Cl_2 + H_2 + 2\,NaOH$$

Equació 1. Reacció d'electròlisis de sal en aigua.

Cal esmentar que la sosa càustica obtinguda s'utilitzarà de nou al procés de la resina epoxi (tancant el cicle del NaOH) al mateix temps que es vendrà la producció sobrant.

El clor produït es pot utilitzar per produir àcid clorhídric per neutralitzar el NaOH i si se n'obté molta quantitat es pot vendre. El clor i la sosa càustica son substancies molt utilitzades a la indústria i la seva venda no serà un problema.

Cal aclarir, que si la quantitat de sal no es suficient es pot comprar més per a poder realitzar el procés. La energia per la electròlisi pot provenir de la cogeneració (explicada en apartat de cogeneració).

11.8. Utilitzar H_2 en comptes de gas natural

La situació climàtica cada vegada va empitjorant a causa de que no s'estan prenent les mesures severes necessàries com tallar les emissions de gasos d'efecte hivernacle. Aquests gasos son:

- El diòxid de carboni
- Clorofluorocarbonats
- Metà
- Òxid nitrós
- Ozó troposfèric
- Vapor d'aigua

A la planta EpoxyLabs es produeix diòxid de carboni directament per causa de la combustió del gas natural, i es produeix indirectament per causa de l'ús d'electricitat provinent de fonts d'energia no renovable. Per tant, per reduir massivament aquesta emissió ja s'ha proposat la instal·lació de panells solars amb la fi de reduir el consum d'aquesta energia de font no renovables. A més es proposa canviar el combustible de gas natural a hidrogen. La causa de no haver aplicat aquest canvi inicialment ha estat la dificultat d'una instal·lació d'aquesta magnitud ja que l'hidrogen és un combustible altament perillós i per tant s'ha d'anar molt en compte amb la seguretat.

L'hidrogen pot ser obtingut de diverses formes:

- Gris; provinent de combustibles fòssils amb emissió de CO_2.
- Blau; provinent de combustibles fossis sense emissió de CO_2.
- Verd; provinent a partir de fonts d'energia renovable.

L'objectiu en aquesta millora és utilitzar l'energia renovable per a la producció de hidrogen a partir de la electròlisi on l'aigua es descompon en els seus constituents: hidrogen i oxigen. Els panells solars son una font d'energia intermitent, per tant l'excés d'energia es pot utilitzar per la formació d'hidrogen que posteriorment es pot utilitzar com a combustible per a les calderes.

Taula 2. Entalpia de combustió del gas natural i de l'hidrogen.

Entalpia de combustió	Gas natural	Hidrogen
kJ/mol	896,5	285,8
kJ/g	56	142

A la taula 2 es pot visualitzar que tot i que es desprèn més energia en la combustió de gas natural per mol, en realitat l'hidrogen allibera més calor per unitat de massa. Per tant, l'hidrogen és més poderós energèticament. Cal esmentar que l'ús d'hidrogen requerirà de tancs d'emmagatzematge i canonades especialitzades. A més, l'aigua líquida generada es pot tractar per utilitzar-la com a aigua de xarxa o per generar vapor.

L'aigua vapor produïa es pot utilitzar per a la cogeneració d'energia explicat posteriorment També s'aclareix que si hi ha un excés d'energia aquest es pot vendre, en lloc de formar més hidrogen.

Cal esmentar que aquesta en una proposta a futur a causa també del millor rendiment de producció d'hidrogen així com millores en les tecnologies relacionades amb les fonts d'energia renovable.

11.9. Cogeneració

La cogeneració implica la generació conjunta d'energia calorífica útil i mecànica (que es transforma en elèctrica) a partir d'una mateixa font primària. En aquest cas s'utilitza gas natural per generar vapor escalfant aigua a la caldera, però també es pot aprofitar els gasos de combustió per moure unes turbines que generarien energia elèctrica la qual es pot emmagatzemar o utilitzat per altres necessitats elèctriques de la planta, com llum, aigua calenta, l'aire condicionat i altres. En un futur en compte de gasos natural es podria fer servir un corrent de H_2.

S'hi s'arriba a utilitzar l'hidrogen com a combustible, llavors el vapor mouria la turbina per generar energia elèctrica, i així s'evitaria també una neteja freqüent de la turbina a causa de l'embrutiment per la combustió del gas natural.

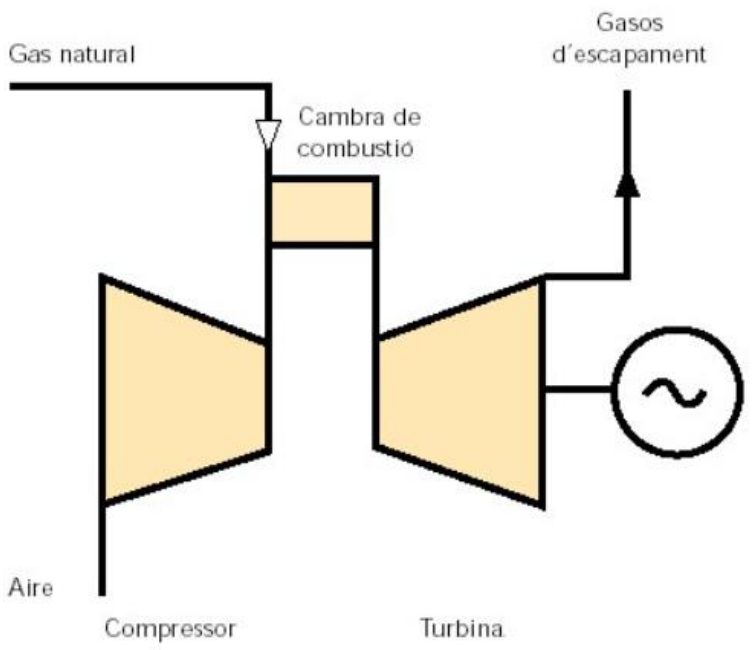

Figura 8. Diagrama de cogeneració.

11.10. Obtenció de resina amb baix contingut en clorurs hidrolitzables

Patent estatunidenca per Chun S. Wang, Lake Jackson, Robert L. Bowden, Angleton, Wuu N. Chen, Lake Jackson al 29/04/1986. Codi: 4585838A.

Aquesta patent explica un procés per obtenir un producte amb baix contingut en halurs. Aquest procediment s'aplica un cop acabat la producció de la resina epoxi. El procediment es basa en una quarta reacció on es mescla la resina epoxi amb un dissolvent orgànic com MIBK o MEK, un alcohol alifàtic com polietilè glicol, i un hidròxid alcalí com NaOH, en condicions de temperatura de 80 ºC, durant 2 h de reacció amb agitació.

Posteriorment es dilueix la mescla resultant amb MEK i toluè, i es neutralitzen les bases amb un àcid com H_3PO_4. Un cop neutralitzada la mescla es renta amb aigua 3 o 4 cops, per treure la sal. La fase orgànica es separa amb un evaporador rotatori al buit.

Clarament per aplicar aquesta nova millora s'hauria de fer un redisseny del procés ja que no s'extraurà el component MIBK per a tornar-lo a afegir.

Cal recalcar que un producte final amb menys clorurs hidrolitzables és un producte de millor qualitat sobretot per si es vol fer els posteriors processos de curació, o altres.

11.11. Utilització d'una resina IO per poder recuperar la resina epoxi més fàcilment.

Patent estatunidenca per Philip J. Carlberg, Lake Jackson, H. Robert Goltz, Leming Gu, Lake Jackson, William I. Harris, David H. West, Bellaire, William G. Worley, Missouri City, i Thomas C. Young, Lake Jackson al 03/06/2014. Codi: 8742055 B2.

La patent és una millora del procés de producció de la resina epoxi. A la primera reacció, o sigui en la reacció de condensació o eterificació entre el bisfenol-A i la epiclorhidrina per formar el producte intermedi. El procediment posterior es similar al de les altres patents, amb la reacció de deshidrocloració o epoxidació.

La millora consisteix en treballar amb una resina d'intercanvi aniònic de amina funcional (amina quaternària), la qual servirà com a catalitzador, per aquesta primera reacció.

La patent destaca les inconvenients en altres processos de fabricació de la resina epoxi, on a vegades s'utilitzen catalitzadors que poden també ser reactius per a reaccions laterals, un exemple es el NaOH que es pot utilitzar com a catalitzador, però també actua en la reacció de epoxidació.

Altres catalitzadors poden ser poc solubles en els reactius inicials, ja que tenen baixa activitat catalítica i son poc selectius, com per exemple els àcids de Lewis.

En canvi, les amines quaternàries, com per exemple el BTAC, son altament catalítiques, no es consumeixen i son fàcilment separables del producte, però en contra, no es fàcil separar per reutilitzar-la. Per tant un possible mètode, seria la immobilització del catalitzador per esterificació a suports que siguin insolubles a la mescla de reactius.

Les partícules de resina han de mesurar entre 10 a 200 micròmetres de diàmetre. El entrecreuament pot ser amb polivinildè, divinil benzè o trivinil benzè. El anió pot ser monovalent o polivalent, i si es halogen ha de ser idèntic al de la epihalohidrina.

Per tant, en el procés de millora s'afegirà la resina d'intercanvi aniònic de partícules en al reactor i separant la resina d'intercanvi d'anions al final del procés de reacció, la qual d'aquesta forma serà més fàcil de recuperar el BTAC per reutilitzat de nou.

La resina d'intercanvi aniònic seria la Dowex MSA-1 (estirè divinil benzè com suport amb BTAC immobilitzat com amina funcional). Abans de la utilització s'ha de rentar amb aigua desionitzada i posteriorment s'ha de rentar amb metanol per treure l'aigua restant. Posteriorment s'asseca tota una nit a 60 ºC i al buit.

La patent comenta que si hi ha massa entrecreuament entre la pròpia resina, llavors el rendiment de la reacció serà menor.

Aleshores, s'aclareix que no s'utilitzaria un reactor llit empacat per causa de que el fluid producte es viscós i pot donar problemes al circular pel llit, per tant, la resina Dowex MSA-1 entra en esferes i quan s'acaba la reacció es retira mitjançant una centrifugació, i es pot tornar a reutilitzar, ja que tot i ser una resina d'intercanvi iònic, la reacció d'intercanvi no es produeix en cap moment durant la reacció sinó durant la preparació de la resina per fixar el catalitzador.

11.12. Implementació de processos de curació i altres

Com s'ha esmentat al Capítol 1: Especificacions del projecte, la resina epoxi pot tractar-se de més formes per a aconseguir un producte de major valor afegit, i per tant obtenir més beneficis per la venta. Com s'ha esmentat les amines primàries, alifàtiques o aromàtiques, els àcids anhídrids o orgànics poden utilitzar-se per curar la resina. La curació pot produir-se en condicions de temperatura ambient, tot i que es més ràpida la reacció si es fa amb calor, per tant, serà un procés elaborat però no un gran canvi per a la planta.

També es poden afegir tints, diluents per a que sigui menys viscos, o es poden afegir retardants d'inflamabilitat per obtenir un producte característic i més segur.

Com a planificació a futur, amb causa de l'espai dirigit a futures ampliacions, es pot modificar la planta de tal forma que es puguin produir més d'un tipus de resina com la resina Novolac, alifàtiques, les glicídiques i les fenòxiques, ja que com s'ha esmentat en l'apartat "selecció del procés" al Capítol 1: Especificacions del projecte, els mètodes de producció per formar diferents tipus de resines epoxi son molt similars.

11.13. Bibliografia

1. Comprimido, A., Industrial, R., Industrial, C., Ingeniería, P. and S.A.T, M., 2022. *Usos del agua en refrigeración y climatización industrial*. [online] Seguas.com. Available at: <https://www.seguas.com/agua-usos-refrigeracion-climatizacion-industrial/> [Accessed 15 June 2022].

2. Vapor para la Industria. 2022. *Tipos de vapor industrial: Comparativo vapor culinario vs. vapor puro*. [online] Available at: <https://vaporparalaindustria.com/tipos-de-vapor-industrial-comparativo-de-vapor-culinario-vs-vapor-puro/> [Accessed 15 June 2022].

[3] Givaudan 2022. *Hycool project* [online] Available at: <https://hycool-project.eu/category/givaudan/> [Accessed 15 June 2022].

[4] Givaudan 2022. *Hycool project prefeasibility* 2022. [online] Available at: <https://hycool-project.eu/resources/prefeasibility/> [Accessed 15 June 2022]. https://hycool-project.eu/resources/prefeasibility/

5. Fundación Aquae. 2022. *Los gases de efecto invernadero, muy peligrosos para nuestro planeta*. [online] Available at: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/los-gases-de-efecto-invernadero/> [Accessed 15 June 2022].

6. www.nationalgeographic.com.es. 2022. *Ventajas e inconvenientes del hidrógeno como combustible alternativo*. [online] Available at: <https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/ventajas-e-inconvenientes-hidrogeno-como-combustible-alternativo_14897> [Accessed 15 June 2022].

7. Fgcsic.es. 2022. *El hidrógeno: metodologías de producción*. [online] Available at: <https://fgcsic.es/lychnos/es_es/articulos/hidrogeno_metodologias_de_produccion> [Accessed 15 June 2022].

8. Mas Columbia. *Hidrogeno Gris, verde y azul*. 2022. [online] Available at: <https://mascolombia.com/hidrogeno-gris-verde-y-azul-sabe-que-son-y-para-que-

sirven/#:~:text=Hidr%C3%B3geno%20gris%3A%20aquel%20que%20se,di%C3%B3xido%20de%20carbono%20(CO2).> [Accessed 15 June 2022].

9. Instituto Catalán de Energía. 2022. *La cogeneración*. [online] Available at: <https://icaen.gencat.cat/es/energia/formes/electricitat/tecnologies/cogeneracio/#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20%22cogeneraci%C3%B3n%22%20se%20utiliza,una%20fuente%20de%20energ%C3%ADa%20primaria.> [Accessed 15 June 2022].

.