

**Anàlisi del Cicle de Vida (ACV)
del Monoestearat de Glicerina a
CRODA Ibérica, S.A. - Mevisa Site**

CRODA

Estudis de Ciències Ambientals

Projecte de Carrera

- Universitat de Girona -

Agraïments

Volem agrair molt especialment a totes aquelles persones que ens han ajudat en la realització d'aquest projecte i ens han atorgat part del seu temps i esforç per col·laborar amb nosaltres.

Agraïm principalment a l'ajuda rebuda per Rafael Beneyto de CRODA, per guiar-nos en el coneixement de l'empresa i a tots els altres membres de CRODA que molt amablement ens van atendre (Manel, Maria, i altres); també volem donar les gràcies als treballadors de la consultoria ambiental Qnorm, al gerent Xavier Sors per haver-nos buscat i proporcionat un treball com aquest, ja que sense ell la idea no hauria estat possible, a l'Ignasi Beneyto i Remei Aldrich per haver-nos guiat en la realització dels diversos balanços energètics i també a d'altres persones que ens hagin pogut donar algun consell; a la nostra tutora, Maria Martín, per encaminar-nos en el món de les ACV i en estructurar aquest projecte; a en Sergio Martínez, per invertir el seu temps en ensenyar-nos el funcionament del SimaPro; a Àlvaro Cañada, per transmetre'ns part del seu coneixement del reactor.

Gràcies a tota aquesta gent hem pogut tirar endavant una idea de projecte que en un principi no teníem massa clara i que amb la seva ajuda la feina que hem tingut ens ha estat més amena i segura.

I gràcies també entre nosaltres, perquè malgrat els mals moments, els balanços de matèria i energia entre nosaltres han sortit positius.

Índex

1) Definició d'objectius i abast del projecte.....	6
■ Presentació	6
Quadre de síntesi	7
■ Objectius de l'estudi	8
■ Metodologia: l'ACV	9
La base de dades	10
L'inventari del cicle de vida	11
Avaluació de l'impacte.....	11
■ L'empresa	12
■ Abast de l'estudi	13
Funcions del sistema estudiat	13
Unitat Funcional.....	13
Límits del sistema	13
♦ Límits geogràfics	13
♦ Límits temporals	14
■ Descripció de les matèries primeres i del producte	15
Inventari dels olis vegetals.....	15
♦ La glicerina i l'àcid esteàric	15
Procedència de la glicerina.....	15
Procedència de l'àcid esteàric	16
Característiques	19
♦ Matèries primeres	19
♦ Producte.....	21

2) Resultats de la línia de procés 22

■ Descripció del procés	22
Sistema Estudiat	22
♦ En el reactor (E.1.70)	25
Entrades i sortides	26
♦ En el refinador (E.1.71)	27
Entrades i sortides	27
♦ En el dipòsit (E.1.72)	28
Entrades i sortides	28
♦ En l'escamadora	29
Entrades i sortides	29
Procediments de neteja	29

3) Consums de matèria i energia 31

■ Introducció	31
■ Consums de matèria	33
Discussió dels consums de matèria.....	34
■ Consums energètics	35
Consum energètic per tones de producte	35
Discussió dels consums d'energia.....	36

4) Canvi Climàtic..... 38

■ Introducció	38
■ Resultats	39
Emissions de CO ₂ en la producció de les matèries primeres.....	39
Emissions de CO ₂ associat als consums energètics	39

♦ Per tones de producte	39
Emissions de CO ₂ al llarg del transport de les matèries primeres	40
♦ Pel que fa a l'àcid esteàric	40
Transport amb camió	40
♦ Pel que fa a la glicerina.....	41
Transport amb tren i camió.....	42
♦ Emissions totals degudes al transport	43
■ Discussió dels resultats	44
5) Propostes de millora.....	48
6) Conclusions	51
7) Bibliografia.....	55
8) Annexes	56
Annex 1	56
Annex 2	57
Annex 3	59
Annex 4	60
Annex 5	62

1) DEFINICIÓ D'OBJECTIUS I ABAST DEL PROJECTE

Presentació

La transformació industrial que pateixen certs alcohols i àcids grassos quan aquests són esterificats, comporta un rendiment energètic i material que permet l'obtenció de certs productes secundaris que són útils en el món farmacèutic i de la cosmètica.

Per tal de quantificar aquests rendiments i convertir-los en informació que pugui ésser establerta com a indicadors de caire general en termes mediambientals, cal realitzar un Anàlisi del Cicle de Vida (ACV), el qual incorpora una certa metodologia per a l'estudi profund del procés en qüestió.

Els processos productius a escala industrial generen residus que, en molts casos, poden ser evitats o reduïts en origen, però sovint resulta difícil detectar en quin moment del procés és convenient aplicar mesures correctores.

Així, en el cas particular, l'estudi ens permetrà també obtenir un coneixement dels consums d'energia i matèria per a cada punt de la cadena productiva, a dins de l'empresa, per tal d'obtenir una major eficiència al llarg de la línia productiva.

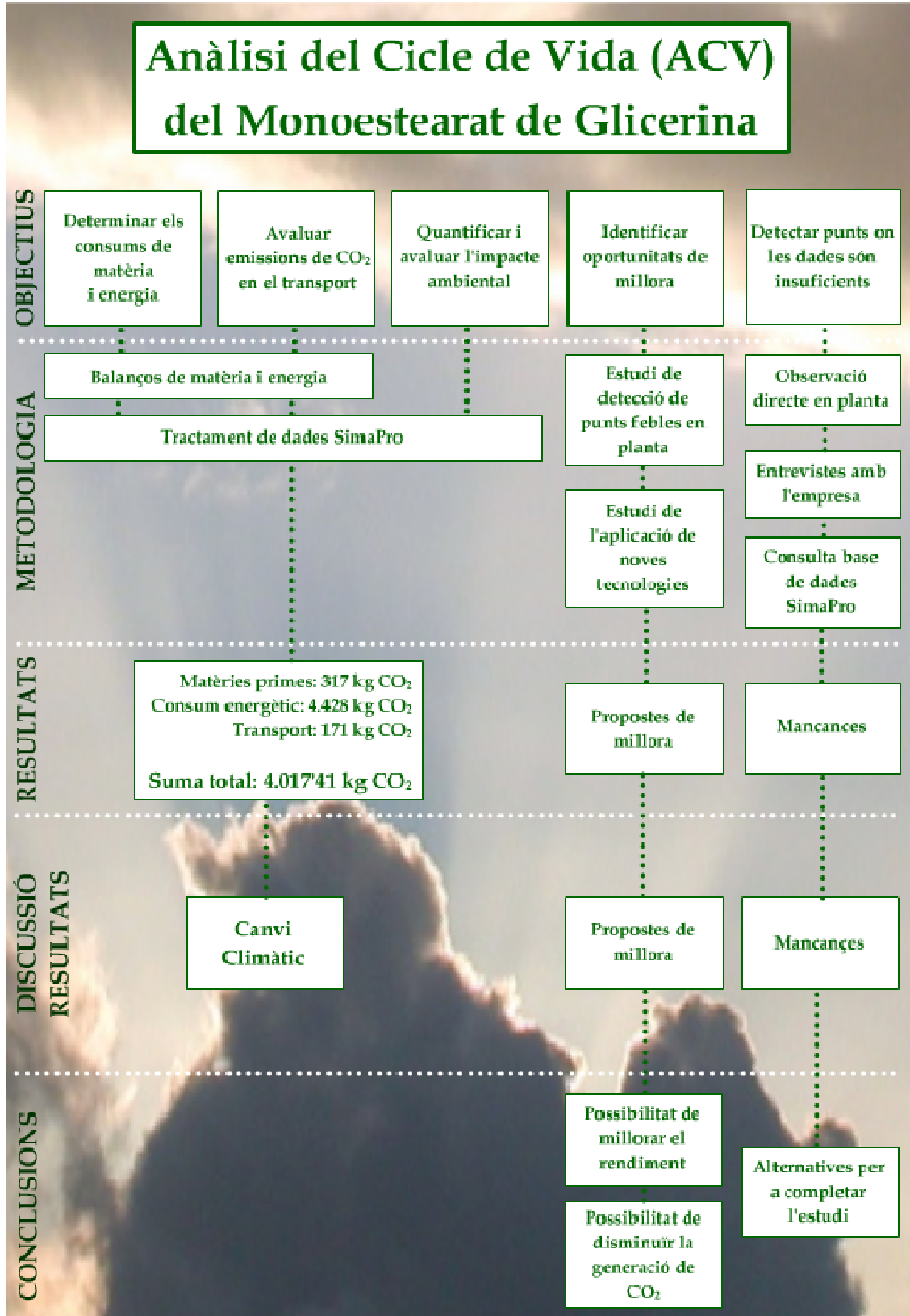
És important conèixer quins són els principals reptes ambientals als quals ens enfrontem actualment, ja que la reducció de les emissions de gasos que causen l'efecte hivernacle és un fet que els sectors industrials han de contemplar tenint en compte que la legislació espanyola està sotmesa al protocol de Kyoto. A més, també cal valorar les emissions en funció de la contribució en la destrucció de la capa d'ozó, la pluja àcida, o l'eutrofització de les aigües, i per tant tenir comptabilitzades les quantitats de CFC, SO₂ i NO³⁻, que més tard seran valoritzades segons els índexs europeus.

L'ACV és una metodologia relativament recent en l'àmbit industrial espanyol, i són pocs els estudis duts a terme. En l'àmbit que ens pertoca no és té constància de cap projecte similar. És necessari per tant comptar amb un coneixement quantitatiu fiable del comportament ambiental de les substàncies, maquinària i processos implicats per tal de definir les línies d'actuació a curt, mig i llarg termini.

L'anàlisi, a més, pot ser emprada per comparar en un futur propers estudis de processos industrials similars, tan a dins de la pròpia empresa, com en altres factories.

Quadre de síntesi

El següent diagrama és una síntesi de les parts que s'han tingut en compte per realitzar el projecte, i a més s'hi observen plasmats els resultats més rellevants de l'estudi.



Objectius de l'estudi

L'estudi de la ACV ha estat realitzat a l'empresa CRODA Ibèrica S.A - Mevisa Site, en concret a la línia productiva on s'hi fabrica el monoestearat de glicerina.

Els objectius d'aquest estudi són, per tant:

- Establir els consums de matèria i energia del procés i configurar-ne el diagrama de flux.
- Detectar els punts en què la disponibilitat de dades no és òptima per procedir amb l'anàlisi i proposar millores perquè estiguin a l'abast.
- Avaluar i quantificar l'impacte mediambiental en la producció del monoestearat de glicerina en termes d'emissió de CO₂.
- Comparar la quantitat que es genera de CO₂ en el transport de matèries primeres respecte el total d'emissions d'aquest gas en el procés en fàbrica.
- Identificar i avaluar les oportunitats de millora per reduir els impactes ambientals al llarg del cicle de vida una vegada detectats els impactes de les fases del procés.

Cal remarcar que en cap cas el treball dut a terme és un Anàlisi del Cicle de Vida en tota integritat, sinó que està subjecte a limitacions en quan a disponibilitat de dades i per tant es tracta d'un projecte que ha de servir de base per a la elaboració de posteriors estudis a la planta referents a la línia de producció avaluada. A més, el fet de reduir l'abast de l'estudi dins de l'àmbit de l'empresa també fa que per definició es retalli pròpiament l'ACV.

El projecte és, doncs, l'estructura principal d'un sistema d'anàlisi que permet, en funció dels resultats, l'elaboració de decisions i propostes de millora en l'eficiència, així com l'obtenció d'un coneixement més acurat de la línia de producció, dels seus elements, consums i emissions de residus.

Metodologia: l'ACV

L'Anàlisi del Cicle de Vida (ACV) és una eina de gestió que s'utilitza per avaluar els impactes potencials associats a un producte al llarg de tot el seu cicle de vida, o sigui, des de l'adquisició de la matèria primera per a fabricar el producte, fins a la seva disposició final, passant per altres etapes intermèdies tals com la producció, l'ús, el transport i el reciclat en el cas que el producte ho sigui. Les etapes principals que es duen a terme en un ACV es mostren a la figura 1.

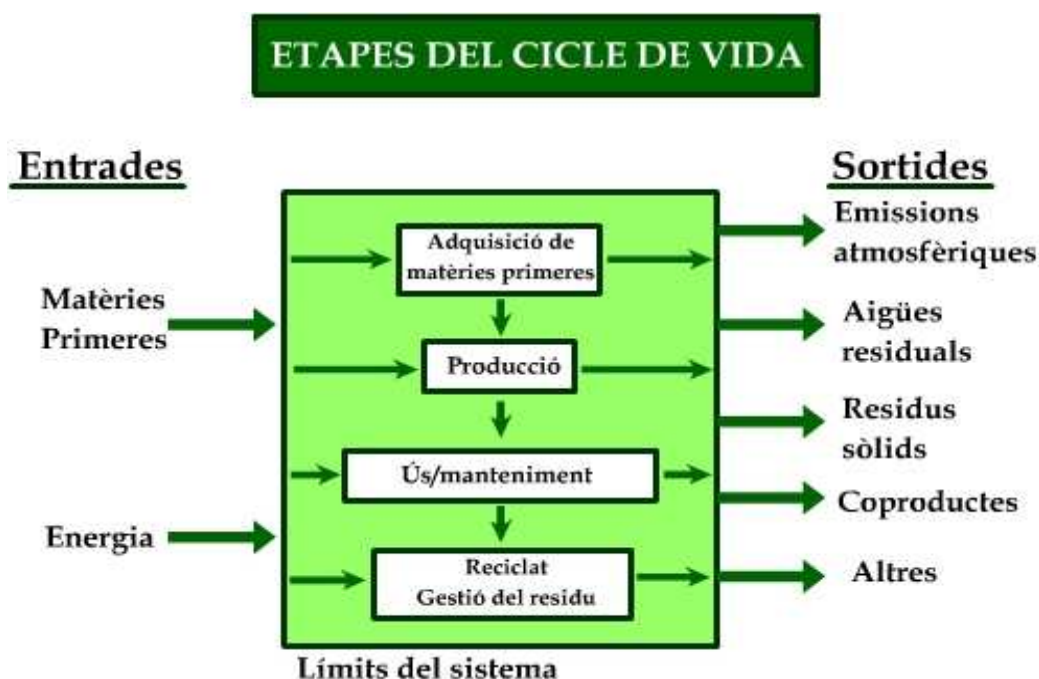


Figura 1: Esquema de les etapes del cicle de vida d'un producte [1]

L'ACV està sotmesa a la família de normes ISO 14000 les quals fan referència a la gestió ambiental d'una empresa. Dins d'aquesta família l'ACV es troba dins la categoria ISO 14040, la qual elabora un tipus de norma que serveix per avaluar els impactes mediambientals al llarg de tota la vida d'un producte.

En el cas de CRODA, cal esmentar que es troba sotmesa a aquests tipus de norma, la qual cosa significa que està conscienciada en dur a terme una bona gestió ambiental en el conjunt de totes les accions que intervenen dins l'empresa.

Els estudis d'ACV utilitzen una metodologia molt concreta, definida a la norma 14040, que consta de 4 fases: la **definició d'objectius i abast** de l'estudi,

la realització d'un **inventari** dels consums (de matèria i energia) i les emissions de cadascuna de les etapes del cicle de vida, l'**avaluació dels impactes** que aquests consums i emissions poden provocar sobre el medi ambient i finalment una **interpretació** dels resultats obtinguts.

En el nostre projecte, s'han tingut en compte totes les fases esmentades anteriorment, realitzades de la següent manera:

Pel que fa a l'abast de l'estudi, s'ha limitat el nostre sistema en conèixer els impactes causats per la fabricació del monoestearat de glicerina dins de l'empresa.

En la fase d'inventari, la recopilació de dades necessàries s'ha obtingut mitjançant un seguit de visites a l'empresa, i també a través de la utilització d'una eina informàtica com és el cas del SimaPro (el qual es detalla en l'apartat de la metodologia). En aquesta fase també s'ha fet ús d'internet per obtenir altres dades.

Per avaluar els impactes que produeix la línia de producció estudiada, s'ha utilitzat com a indicador les emissions de CO₂, ja que aquest és el principal causant de l'efecte hivernacle i del canvi climàtic.

Finalment, es centrarà la interpretació dels resultats en conèixer quin és el cost ambiental que genera l'empresa en la fabricació del monoestearat de glicerina.

En resum, la realització d'una ACV en la fabricació del producte estudiat, és útil per determinar, en aquest cas, les etapes del cicle de vida que contribueixen més a determinats impactes per tal de poder proposar millores ambientals.

La Base de dades

L'estudi del nostre ACV s'ha realitzat utilitzant una eina informàtica comercial denominada SIMAPRO. El SimaPro és una eina desenvolupada per Pré Consultants per l'Anàlisi del Cicle de Vida que analitza i compara els aspectes mediambientals d'un producte d'una manera sistemàtica i consistent seguint les recomanacions de les normes ISO 14040.

La primera versió del programa SimaPro data de 1990 i des de llavors ha estat utilitzat per empreses, consultories, universitats i centre d'investigació en un gran nombre d'estudis el qual avala la seva capacitat i potencial en aquest tipus d'anàlisis.

Un dels principals elements d'aquest programa és la Base de Dades. Aquesta Base de Dades pot contenir varies llibreries o projectes que a la vegada agrupen diferents processos.

Totes les entrades i sortides d'un procés estan definides al registre de la base de dades del procés. Els processos es separen amb set categories: materials, energia, transport, processat, us, escenari de residus i tractament de residus. A més, la base de dades conté dades de caràcter general com són els noms de substàncies, les unitats de mesura, referències de la literatura, etc...

La base de dades per defecte conté llibreries de diferents autors amb dades d'energia, industrials, materials, transport i mètodes d'avaluació de l'impacte.

Altres elements importants del SimaPro és el sistema d'indicadors de qualitat de les dades, basat en els requisits exposats a la ISO 14041. Aquest sistema avalua la idoneïtat de les dades assignant una puntuació ponderada tenint en compte el perfil que s'ha definit als objectius i a l'abast: període de temps, regió de l'estudi, tipus de tecnologia, límits del sistema, etc.. En aquest sentit, les dades primàries utilitzades en aquest ACV són de màxima qualitat.

El mètode utilitzat per la recopilació de dades en aquest estudi ha estat el CML baseline 2000 V2.03/ World, 1990.

L'inventari del cicle de vida

Una vegada conegudes quines són les dades necessàries per la realització de l'anàlisi, es durà a terme la fase d'inventari del cicle de vida. Primer es busquen i es recullen aquelles dades que no estan contingudes a les llibreries de l'eina i s'introdueixen en els registres dels processos. Després el SimaPro genera automàticament un diagrama de fluxos unint tots els processos.

L'avaluació de l'impacte

SimaPro inclou varis mètodes d'avaluació d'impacte reconeguts. Tots utilitzen el procediment de caracterització pel qual es calcula la contribució relativa d'una substància a una categoria d'impacte determinada. A més, alguns mètodes també utilitzen altres procediments, com l'avaluació de danys, la normalització o la ponderació.

L'empresa

L'empresa CRODA Ibérica, SA - Mevisa Site (figura 2) se situa al municipi de Fogars de la Selva, a la província de Barcelona (Catalunya), en un punt de bona comunicació: autopista AP7 a 1 km, nacional II a 10 km, a 35 km de Girona i 65 km de Barcelona.



Figura 2: Vista aèria de l'empresa CRODA.

CRODA ocupa aproximadament uns 60.000 m², repartits de forma general i per ordre d'ocupació per magatzems de matèries primeres i productes acabats, dos naus de producció, una estació depuradora d'aigües residuals, una nau d'oficines, una nau d'envasat, una zona d'emmagatzematge de residus i un reservori de sòl de gairebé una hectàrea.

Abast de l'estudi

Funcions del sistema estudiat

El sistema estudiat és el procés de fabricació del monoestearat de glicerina. Aquest producte s'utilitza com a matèria primera per la confecció de productes farmacèutics i de cosmètica.

Unitat funcional

La unitat funcional és la mesura del comportament de les sortides funcionals d'un sistema i el seu propòsit és proporcionar una referència per les entrades i sortides del mateix. Aquesta referència és necessària per assegurar que la comparació dels sistemes es fa sobre una mateixa base comuna. La unitat funcional seleccionada haurà de ser definida i ser mesurable.

La quantitat produïda de monoestearat de glicerina, per cada càrrega de matèries primeres que té lloc al reactor, és de 6005 kg. Per tant utilitzarem aquesta dada com a unitat funcional, ja que un cop generada aquesta quantitat s'atura el procés.

Límits del Sistema

Els límits del sistema determinen quins processos unitaris s'hauran d'incloure dins de l'ACV, i quines càrregues ambientals s'estudiaran amb un major nivell de detall.

Límits geogràfics:

Els límits geogràfics de l'estudi corresponen a l'àmbit de dins la factoria de CRODA Ibérica S.A - Mevisa Site, de manera que queda exclòs de l'estudi tot procés anterior a l'arribada de les matèries primeres a la planta, exceptuant només el seu transport fins a planta que si que es valorarà. Per tant no es tindran en compte processos com el refinament dels olis i la seva posterior hidròlisi.

Les càrregues ambientals relatives a la fabricació de maquinària i infraestructures necessàries per a l'esterificació, refinament i emmagatzemament de les substàncies també s'han exclòs de l'anàlisi, ja que són aspectes que queden fora del propi procés.

Per a les operacions que es realitzen dins del nostre país s'han utilitzat, en la mesura del possible, dades nacionals i, quan no ha estat possible, dades procedent de la Unió Europea.

 **Límits temporals:**

L'horitzó temporal en el qual s'ha dut a terme l'estudi dels impactes associats a la fabricació del monoestearat de glicerina, ha estat des de principis de febrer fins a mitjans de Juny de 2007.

Descripció de les matèries primeres i del producte

Inventari dels olis vegetals

■ La glicerina i l'àcid esteàric

La Glicerina juntament amb l'àcid esteàric, són les matèries primeres que utilitza l'empresa per l'obtenció de l'ester en qüestió. No obstant, ambdós components no els tenim en compte ja que només volem avaluar quin és l'impacte ambiental que es dona a l'empresa al generar monoestearat de glicerina, i aquestes matèries primeres estan fora dels límits de l'empresa, el que si que tindrem en compte, és l'importació i transport d'aquestes matèries des del seu origen fins a l'empresa.

Tot i així, és important saber d'on provenen i quin és el seu procés de fabricació per tenir una idea més amplia del cicle de vida del monoestearat de glicerina.

PROCEDÈNCIA DE LA GLICERINA

La Glicerina que utilitza l'empresa com a matèria primera per la fabricació de l'ester, l'obté a través de la hidròlisi dels olis vegetals i/o greixos animals. Aquesta glicerina és necessari purificar-la per seleccionar la de més qualitat. La refinació s'aconsegueix per osmosi inversa per tal de garantir una bona qualitat farmacèutica.

Altres mètodes d'obtenció de glicerina

1) La planta per al tractament de la glicerina consisteix en una instal·lació contínua amb una secció de pretractament de la mateixa per a eliminar els sabons i àcids grassos lliures que pugués contenir, seguida d'una secció de destil·lació constituïda per: una columna per a separar les fraccions lleugeres (aigua, metanol, metilester). Aquesta columna posseeix un *reboiler*, un condensador i un recipient receptor de la fracció lleugera. Aquesta columna funciona al buit. El fons de la columna s'envia a un separador de sals i de la fracció més pesada, que és servit d'un *reboiler*. El producte pesat (sals, coles i altres) es descarreguen en el recipient intermedi. Finalment una segona columna de rectificació de la glicerina alimentada en fase vapor, rectifica la glicerina. El producte així obtingut és una glicerina amb un elevat títol (99% min.) sent necessari per arribar a la qualitat farmacèutica procedir a la

decoloració i desodorització. Això últim s'efectua en una bateria de columnes amb carbó actiu granular.

Taula 1: Consum específic per produir 1 tona de glicerina.

Matèries Primeres		
Glicerina bruta	1350	Kg
Productes químics	10	Kg
Carbó actiu	5	Kg

Serveis		
Energia elèctrica	30	Kwh
Vapor d'aigua (4 bar)	1700	Kg
Aigua de refrigeració	100	m ³
Aire comprimit	30	Nm ³
N ₂	20	Nm ³

2) Per via sintètica a partir del propilè passant per la clorhidrina (procés en si costós).

3) Com a subproducte de la producció del biodiesel. No obstant, la glicerina obtinguda és d'una puresa molt baixa i requereix un tractament de purificació per fer-la adequada als requisits de CRODA.

PROCEDÈNCIA DE L'ÀCID ESTEÀRIC

L'àcid esteàric és una grassa saturada que pot provenir del greix animal o bé d'olis vegetals. En ambdós casos, el procés consisteix en escalfar l'aigua a altes temperatures i elevades pressions per tal d'obtenir la hidròlisi dels triglicèrids. Quan l'àcid esteàric és d'origen vegetal, s'aplica també una hidrogenació. Aquest és el cas de l'àcid esteàric que s'utilitza a la línia de producció del monoestearat de glicerina. Exactament prové de les llavors de palma i la concentració d'aquest tipus d'àcid gras en el producte final és del 47-56%.

Els proveïdors d'àcid esteàric a CRODA són principalment Lípidos Santiga i Borges.

Extracció d'oli de llavors

Es distingeixen dos sistemes d'extracció de l'oli de llavors:

- Extracció mecànica.
- Extracció amb dissolvents.

Les llavors que contenen oli han d'estar ben netes i amb la closca treta prèviament. Després són troscejades i mòltes abans de l'extracció del seu oli per qualsevol dels dos sistemes citats.

En l'extracció mecànica, les llavors mòltes passen a un acondicionador per obtenir un producte homogeni que passa a la premsa de cargol on amb elevades pressions i en un sol pas es procedeix a la separació de l'oli. L'oli obtingut és netejat de les impureses més grans en un tamís vibratori, ja que d'aquesta manera les impureses no es queden enganxades a la superfície del tamís. La neteja final de l'oli es du a terme al filtre, amb la qual cosa obtenim un oli cru filtrat.

Les restes proteíniques que anteriorment han estat separades a la premsa són descarregades en un sistema de cargol que alimenta una estació de pesat i ensacat, o uns rodets trituradors de les restes proteiques. Aquestes, poden ser més desgreixades en una planta d'extracció per dissolvents. També pot ser utilitzada directament com a aliment de bestiar o en cas d'estar tractada higiènicament, pot passar a una instal·lació d'obtenció de proteïnes per l'alimentació humana.

En el sistema d'extracció per dissolvents, es pot partir de les llavors o de les restes proteiques obtingudes pel sistema d'extracció mecànica, ja que fins i tot conté un 11-15% d'oli que es pot reduir al 2-4%.

Si partim directament de les llavors, aquestes deuen ser netejades, espellofades i triturades en uns rodets, passant llavors a un condicionador per homogeneïtzar el rodet, que passa a un molí, amb la qual copsa es divideix finament, permetent així una millor extracció de l'oli a l'extracti, on un dissolvent de les matèries grasses arrossega aquestes, sent separades a l'evaporador alhora que es recupera els dissolvent i torna a l'extractor.

La farina desgreixada és transportada en un separador de dissolvent per eliminar traces del mateix, encara presents en la farina. El dissolvent recuperat torna també a l'extractor.

Refinament:

Aquesta operació elimina les impureses que es formen durant l'extracció de l'oli, les quals donen mal gust a l'oli. Inclou diversos processos que

redueixen el grau d'acidesa i suavitzen el seu gust. L'acidesa ve determinada per la quantitat d'àcids grassos lliures: com més àcids grassos lliures contingui, major és l'acidesa de l'oli.

L'oli refinat s'ha obtingut gràcies a tot un seguit de processos que s'han desenvolupat en diferents etapes (figura 3), les quals es poden realitzar mitjançant diferents mètodes.

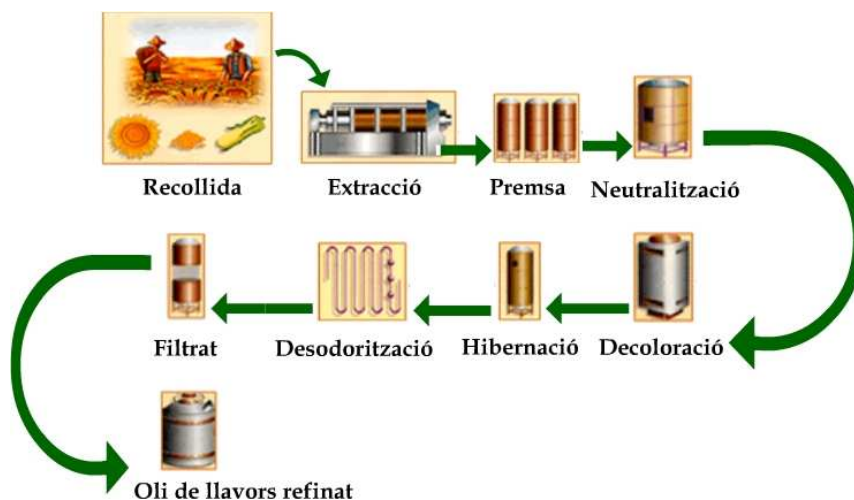


Figura 3: Esquema del procés d'extracció d'olis de llavors i el seu refinament.

Els olis tenen diferents graus de saturació segons la seva procedència, en el cas de l'oli de palma, el qual s'utilitza com a matèria primera per la fabricació del monoestearat, la seva composició té un percentatge molt similar de cadenes saturades i insaturades d'àcids grassos, com s'observa a la figura 4.

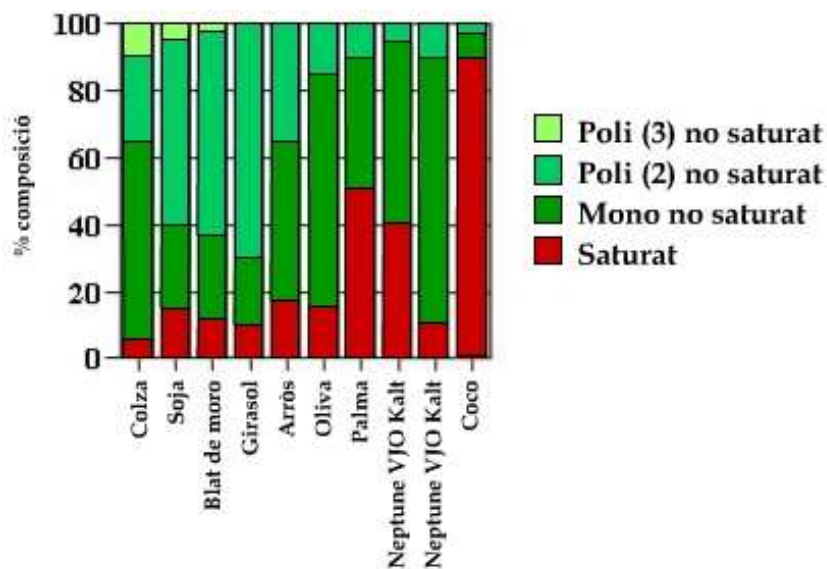


Figura 4: Composició dels diferents olis vegetals segons la seva procedència.

Característiques

Tot seguit es presenten les característiques principals de les substàncies que intervenen al llarg del procés.

Matèries primeres

Pel que fa a matèries primeres només considerem la glicerina i l'àcid esteàric, deixant de banda altres matèries secundàries com l' N_2 , l' $NaClO$, el coadyuvant o el Na_2SO_4 , els quals, malgrat que s'utilitzen per diferents funcions, no intervenen en la reacció.

Algunes de les característiques que fan referència a les principals matèries utilitzades en la línia de producció, es troben detallades a la taula 2 i 3.

Taula 2: Propietats principals de la glicerina.

Especificacions			
	Unitats	Mín.	Màx.
Color APHA	Hazen	-	10
Olor	-	PASS	-
Rel. Densitat 20/22°C	-	1.262	-
Glicerina	%	99.5	-
Acidesa	meq/100g	-	0.08
Alcalinitat	meq/100g	-	0
Sucres	-	NEG	-
Metalls pesants	mgPb/kg	-	1
Clorurs	mg/kg	-	10
Substàncies reductores	% transm.	92	-
Aldèids	-	PASS	-
Cendra sulfatada	% m/m	-	0.01
Components halogenats	mg/kg	-	5
Arsènic (As)	mg/kg	-	1
Contingut d'èster	% Na_2O	-	0.02

Taula 3: Propietats principals de l'àcid esteàric (vegetal).

Especificacions			
	Unitats	Mín.	Màx.
Nombre àcid	mgKOH/g	205	210
Nombre saponificació	mgKOH/g	206	211
Índex de iode	g/100g	-	1.0
Temp. solidificació	°C	54	56
<i>Lovibond 5 ¼ " groc*</i>	-	-	1.5
<i>Lovibond 5 ¼ " vermell</i>	-	-	0.4
Humitat	%	-	0.2
No-saponificables	%	-	0.5
Metalls pesants	mgPb/kg	-	10
Cendra sulfatada	% m/m	-	0.1
Arsènic (As)	mg/kg	-	0.1
Nombre hidroxil	meq/kg	-	10
Estabilitat del calor 2h/205°C/N2-Lov.5 ¼" groc	-	-	15.0
Estabilitat del calor 2h/205°C/N2-Lov.5 ¼" vermell	-	-	1.5
C14 àcids grassos	%	-	3.0
C16 àcids grassos	%	42.0	49.0
C17- grup àcids grassos	%	-	0.2
C18 àcids grassos	%	47.0	56.0
C20 àcids grassos	%	-	2.0

* *Lovibond* correspon a una escala de color

Producte

El producte resultant de la línia de producció conté unes certes característiques (taula 4) que s'hauran de tenir en compte perquè pugui ser comercialitzat.

Taula 4: Propietats principals del monoestearat de glicerina.

Especificacions			
	Unitats	Mín.	Màx.
Nombre àcid	-	0	8
Nombre saponificació	mgKOH/g	165	180
Índex de iode	g/100g	-	-
Índex hidroxil	meq/kg	210	240
Temp. solidificació	°C	53	58
Aigua	%	0	1

El monoestearat de glicerina té un aspecte similar a una massa cerosa en forma de grànuls, i pot trobar-se amb diferents graus de puresa, degut al fet que l'àcid esteàric pot anar acompanyat de palmític a l'hora de formar l'èster.

Aquest producte, juntament amb emulsionants, s'empra com a substància per donar consistència en la elaboració d'ungüents, cremes i emulsions, així com en preparats anhidrics en forma de barra i en supositoris. Són remarcables el seu caràcter neutre, compatibilitat amb la pell i mucoses, bona capacitat d'emmagatzematge i la seva feble olor que permet un fàcil perfumat en productes cosmètics.

2) RESULTATS DE LA LÍNIA DE PROCÉS

Descripció del procés

Sistema estudiat

El procés estudiat és un dels processos que utilitza l'empresa per elaborar el monoestearat de glicerina. Aquesta línia en concret utilitza àcids grassos amb un 47-56% d'àcid esteàric (C₁₈). A partir d'aquí, anomenarem aquesta línia productiva com a MEG-1.

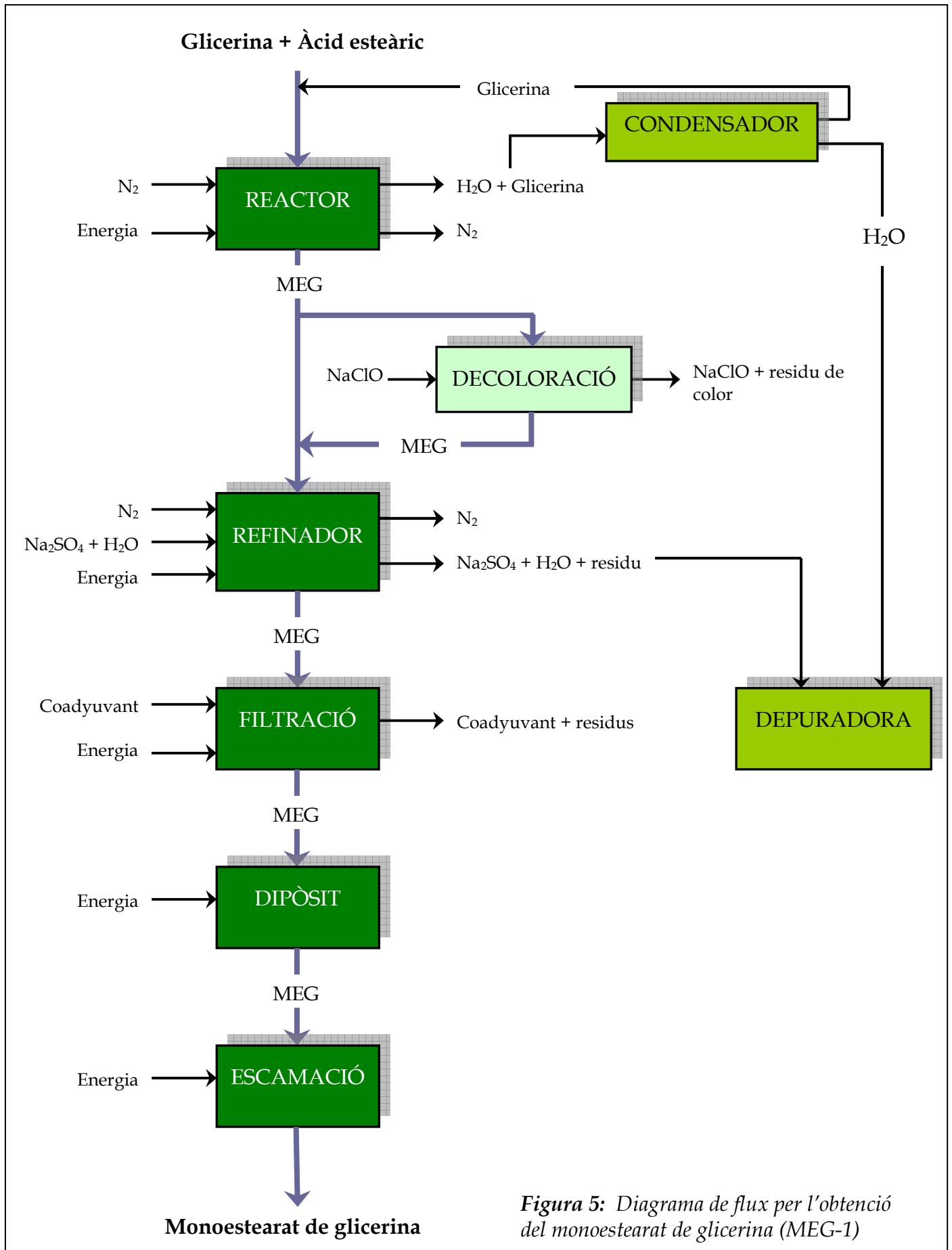
MEG-1 comença amb la implementació en el tanc reactor de glicerina i àcid esteàric en una relació de 3 a 1. Així s'aconsegueix la formació de monoestearat de glicerina, ja que només una cadena d'àcid gras s'uneix a un dels tres radicals lliures de la glicerina. Malgrat això, sovint cadenes d'altres àcids grassos s'uneixen a la molècula de glicerina rebaixant la puresa del producte final. També és possible que en l'esterificació s'obtingui diestearat o fins i tot triestearat de glicerina.

A la figura 5 (diagrama de flux) hi figura el recull de dades de MEG-1. Mitjançant aquesta informació, i desenvolupant els pertinents balanços de matèria i energia, podrem arribar a establir les càrregues ambientals que comporta tot el procés.

La recollida de dades per tal de configurar aquesta part de l'inventari ha estat fruit de diverses entrevistes amb el personal de l'empresa així com recollida de dades de diferents fonts. No obstant, la disponibilitat no estat sempre absoluta, de manera que certs consums s'han estimat a partir de les dades disponibles i utilitzant diferents eines de càlcul.

Per fer-ho més comprensible es divideix la línia de procés segons les etapes que es duen a terme (figura 5).

A la figura 6 s'hi observen els diversos tancs en els quals s'hi desenvolupen les etapes mencionades en el diagrama de flux i el recorregut que segueix el producte en MEG-1.



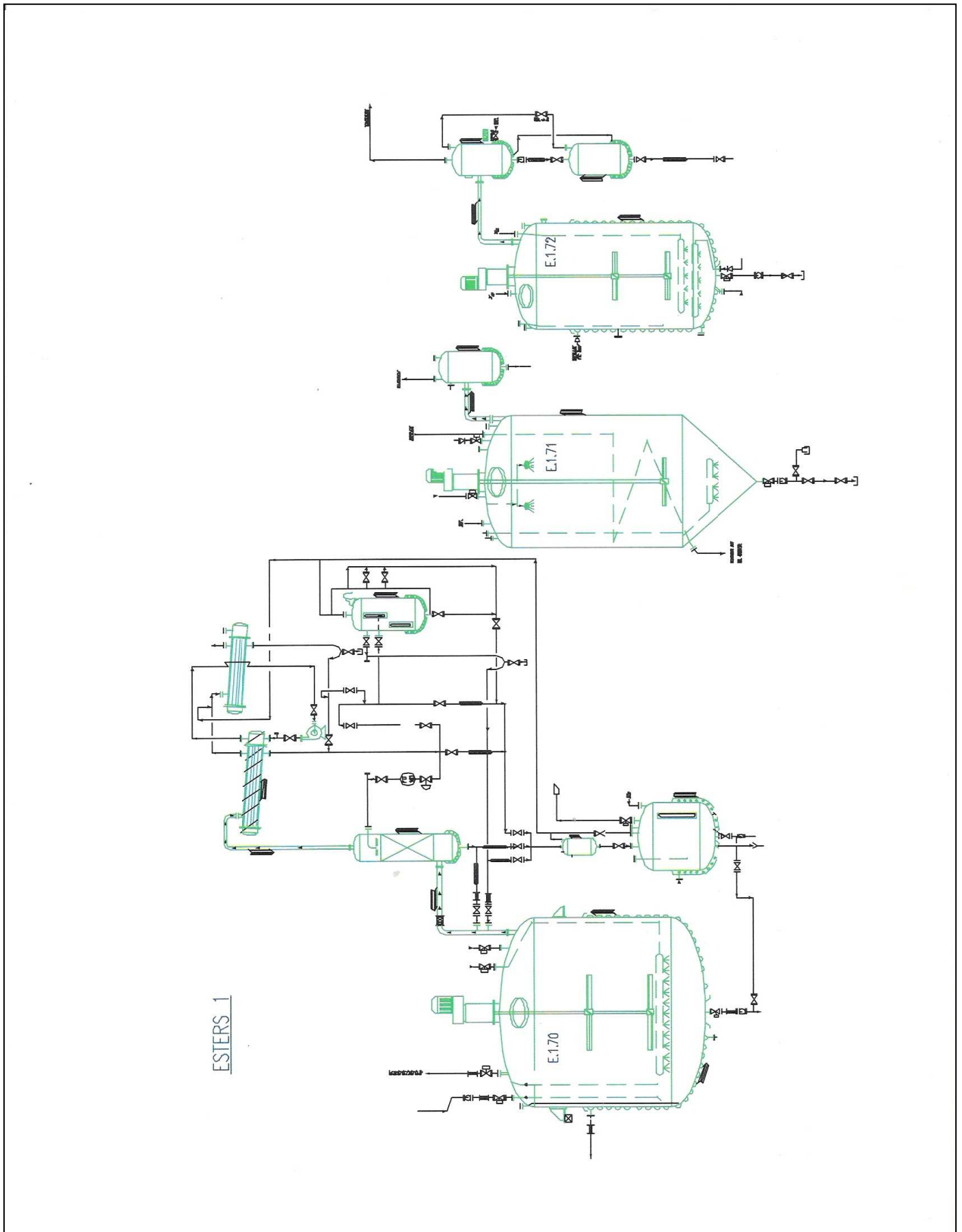


Figura 6: Esquema del reactor (E.1.70), refinador (E.1.71) i dipòsit (E.1.72).

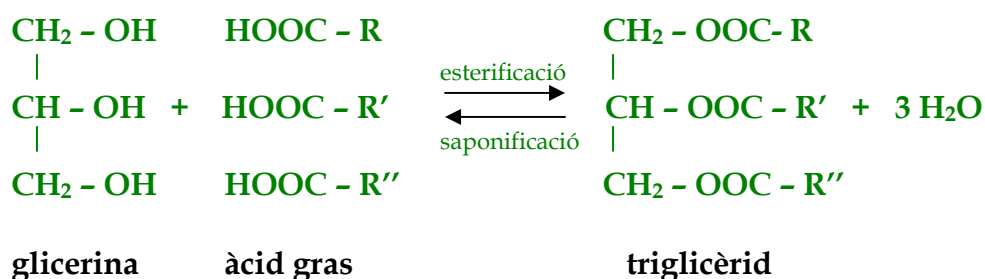
En el reactor (E.1.70)

En el reactor es carreguen les matèries primeres procedents dels tancs: àcid esteàric i glicerina. Quan la càrrega ha estat completada es connecta una corrent de nitrogen pel fons del reactor i es connecta també l'agitador.

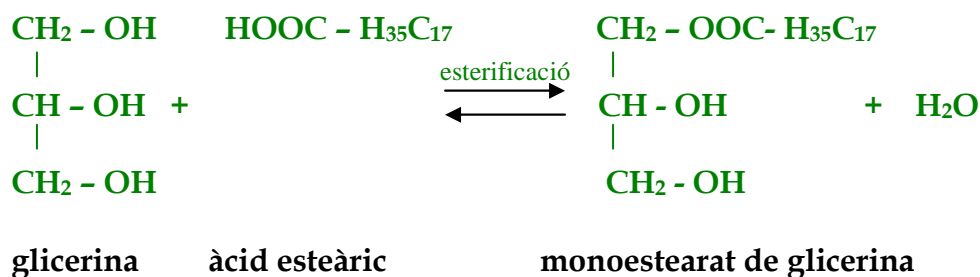
Tot seguit s'escalfa el reactor a 150 °C, amb una rampa de 2°C/min i posteriorment s'augmenta la temperatura fins a 230°C a raó de 0,8°C/min, mitjançant l'oli tèrmic escalfat a la caldera de gas (veure esquema annex 2)

Un cop el reactor a assolit la temperatura de 230°C, esdevé la reacció d'esterificació en què, un àcid gras (àcid esteàric) i un alcohol (glicerina) reaccionen formant esters (monoestearat de glicerina) i aigua. La reacció és similar a la neutralització (en química orgànica).

Així, de forma general tenim:



Concretament, en el nostre cas, la reacció és la següent:



Al llarg del desenvolupament de la reacció cal fer de forma seqüencial el control del nombre àcid i per procurar que no es freni (és a dir, que no baixi més de 2 unitats per hora). Si això passa, cal realitzar el buit regulat a 400 mbar amb una lleugera corrent de nitrogen de 1000 l/h. El nombre d'àcid es seguirà controlant fins que aquest sigui inferior a 2. Una vegada ho sigui es refredarà el tanc a 85-90°C, i es traspasarà tot el producte al refinador.

Abans de continuar cal fer una ullada a la evolució de les temperatures en el reactor (figura 7) al llarg de la fase descrita. Això ens ajudarà a entendre la primera part del procés, i a tenir una primera idea dels consums energètics i dels temps de la reacció.

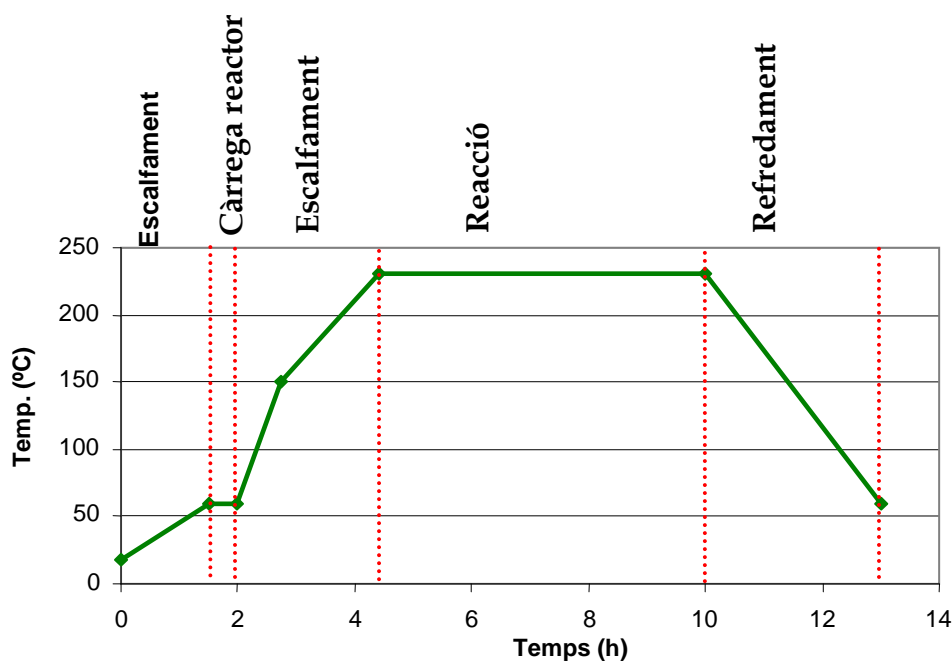


Figura 7: Evolució de les temperatures del reactor en cada fase.

ENTRADES I SORTIDES

En la següent taula es recullen les quantitats de totes aquelles substàncies necessàries que s'utilitzaran en aquesta etapa. També s'inclouen els possibles consums d'energia necessaris per l'obtenció del producte.

Taula 5: Entrades i sortides de matèries i energia en el reactor.

Matèria				Energia			
Entra	Quant.	Surt	Quant.	Entra	Quant.	Surt	Quant
N ₂	10500 l	N ₂	10500 l	Escalfament del tanc	12.347.676 KJ aprox.*		
GLY	1783 kg	H ₂ O	348 kg	Refredament	24.306.855 kJ aprox.		
C ₁₈ H ₃₈ O ₂	5225 kg	C ₂₁ H ₄₂ O ₄	6460 kg. aprox	Agitador	ND		
-	-	Petites quantitats de GLY i C ₁₈ H ₃₈ O ₂	200 kg. aprox	Bomba Caldera	ND		

ND: No disponible GLY: Glicerina C₁₈H₃₈O₂: àcid esteàric C₂₁H₄₂O₄: monoestearat de glicerina

*veure annex 3 per càlculs d'energia (valor aproximat sense avaluar rendiment de la caldera, el qual és desconegut, ni pèrdues en el sistema de canonades).

Per obtenir la quantitat d'aigua que es produeix en la reacció partim del fet que la glicerina és el reactiu limitant, i per tant:

$$1783 \text{ kg GLY} \cdot \frac{1 \text{ mol GLY}}{92 \text{ kg GLY}} \cdot \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol GLY}} \cdot \frac{18 \text{ Kg H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 348 \text{ kg H}_2\text{O}$$

En el refinador (E.1.71)

Abans de transvasar el producte al refinador cal que aquest assoleixi una temperatura aproximada de 70°C. Perquè aquesta temperatura es mantingui constant aquest tanc es mantindrà calent mitjançant una camisa de vapor, la qual s'obté evaporant aigua utilitzant una caldera de gas.

Una vegada s'ha transvasat el producte al refinador es connecta la manta de N₂ i l'agitador.

Mentre el producte romanguí en el refinador caldrà fer controls de color a escala de iode. Si aquesta escala és inferior a 3, cal decolorar amb hipoclorit fins que l'índex estigui dins de les especificacions establertes.

Tot seguit es para l'agitació i es rega el producte amb una dissolució al 3% de sulfat sòdic en aigua permutada. Es decanta el producte durant una hora i seguidament es drena. Per últim s'efectuarà un segon rentat amb les mateixes condicions.

El producte es deixa reposar durant 45 minuts a 80 - 90 °C amb agitació i realitzant el buit dins el refinador.

Obtingut el conforme s'addiciona un sac de coadyuvant de filtració i filtrar-lo a través del filtre premsa a un dipòsit previ a l'escamadora.

ENTRADES I SORTIDES

Aquesta taula recull la informació relativa al consum de matèries i energia que s'han utilitzat en l'etapa de refinació del monoestearat de glicerina.

Taula 6: Entrades i sortides de matèries i energia en el refinador.

Matèria				Energia			
Entra	Quant.	Surt	Quant.	Entra	Quant.	Surt	Quant.
N ₂	6000 l	N ₂	6000 l	Escalfament	ND		
C ₂₁ H ₄₂ O ₄	6460 kg	C ₂₁ H ₄₂ O ₄		Bomba reactor + refinador	ND		

NaClO	20 l	NaClO	20 l	Agitador	ND		
Na ₂ SO ₄	12 kg	H ₂ O permutada + Na ₂ SO ₄ + GLY	612 kg. aprox.	-	-		
H ₂ O permutada	400 kg	-	-	-	-		
Coadyuvant	25 l	Coadyuvant de filtració + residus	25 l + 200 kg aprox.	-	-		

ND: No disponible C₂₁H₄₂O₄: monoestearat de glicerina NaClO: hipoclorit sòdic Na₂SO₄: sulfat sòdic

■ En el dipòsit (E.1.72)

Com en el cas del refinador, el dipòsit també cal mantenir-lo a una certa temperatura per evitar que el producte solidifiqui. Aquesta temperatura oscil·larà entre 70 i 80°C.

El producte romandrà en aquest tanc fins que se'l condueixi cap a l'escamadora.

Durant tota l'estona que el producte estigui al dipòsit s'aniran fent controls periòdics per constatar que el producte a assolit unes característiques determinades per tal de que pugui ser escamat.

ENTRADES I SORTIDES

Taula referida a les entrades i sortides de matèria i energia desenvolupades durant l'estada del producte dins el dipòsit. Les dades referents a energia són desconegudes.

Taula 7: Entrades i sortides de matèria i energia en el dipòsit.

Matèria				Energia			
Entra	Quant.	Surt	Quant.	Entra	Quant.	Surt	Quant.
C ₂₁ H ₄₂ O ₄	6060 kg.	C ₂₁ H ₄₂ O ₄	6055 kg aprox.	Escalfament	ND		

ND: No disponible C₂₁H₄₂O₄: monoestearat de glicerina

*part del producte es perd en el transvàs.

En l'escamadora

El producte s'emmagatzema en un tanc a 80°C. A continuació se'l fa circular fins a la màquina d'escamació, la qual està formada per un cilindre d'acer que es troba a una temperatura molt baixa. El producte s'addereix a les seves parets i es solidifica. A partir d'aquest moment el producte s'aprofita per trencar-lo en escames mitjançant una fulla d'acer afilada, situada a l'extrem contrari on s'adhereix el producte, i finalment s'empaqueta.

Un cop el monoestearat ha arribat en aquest punt, ja està a punt per ser transportant al seu destí comercial.

ENTRADES I SORTIDES

Igual que en el cas del dipòsit la taula següent va referida als consums que s'han realitzat en l'escamadora. Els únics consums que s'han generat en aquesta etapa són els d'energia, tot hi que no es disposa de les dades.

Taula 8: Entrades i sortides de matèria i energia en l'escamadora.

Matèria				Energia			
Entra	Quant.	Surt	Quant.	Entra	Quant.	Surt	Quant.
C ₂₁ H ₄₂ O ₄	6030 kg	C ₂₁ H ₄₂ O ₄	6005 kg.	Escalfament	ND		
				Escamadora	ND		

ND: No disponible C₂₁H₄₂O₄: monoestearat de glicerina

*part del producte es perd en el transvàs.

Procediments de neteja

Els procediments de neteja del reactor, refinador, dipòsit, etc. impliquen un consum d'aigua que cal quantificar.

Aquest procediment es basa en bullir amb aigua i sosa, i es tracta de carregar les quantitats d'aigua indicades en la taula inferior, connectant la mànega flexible d'aigua a la connexió superior que tenen preparada els diversos tancs.

Els consums d'aigua per cadascú dels tancs de la línia, es mostren a la taula 9.

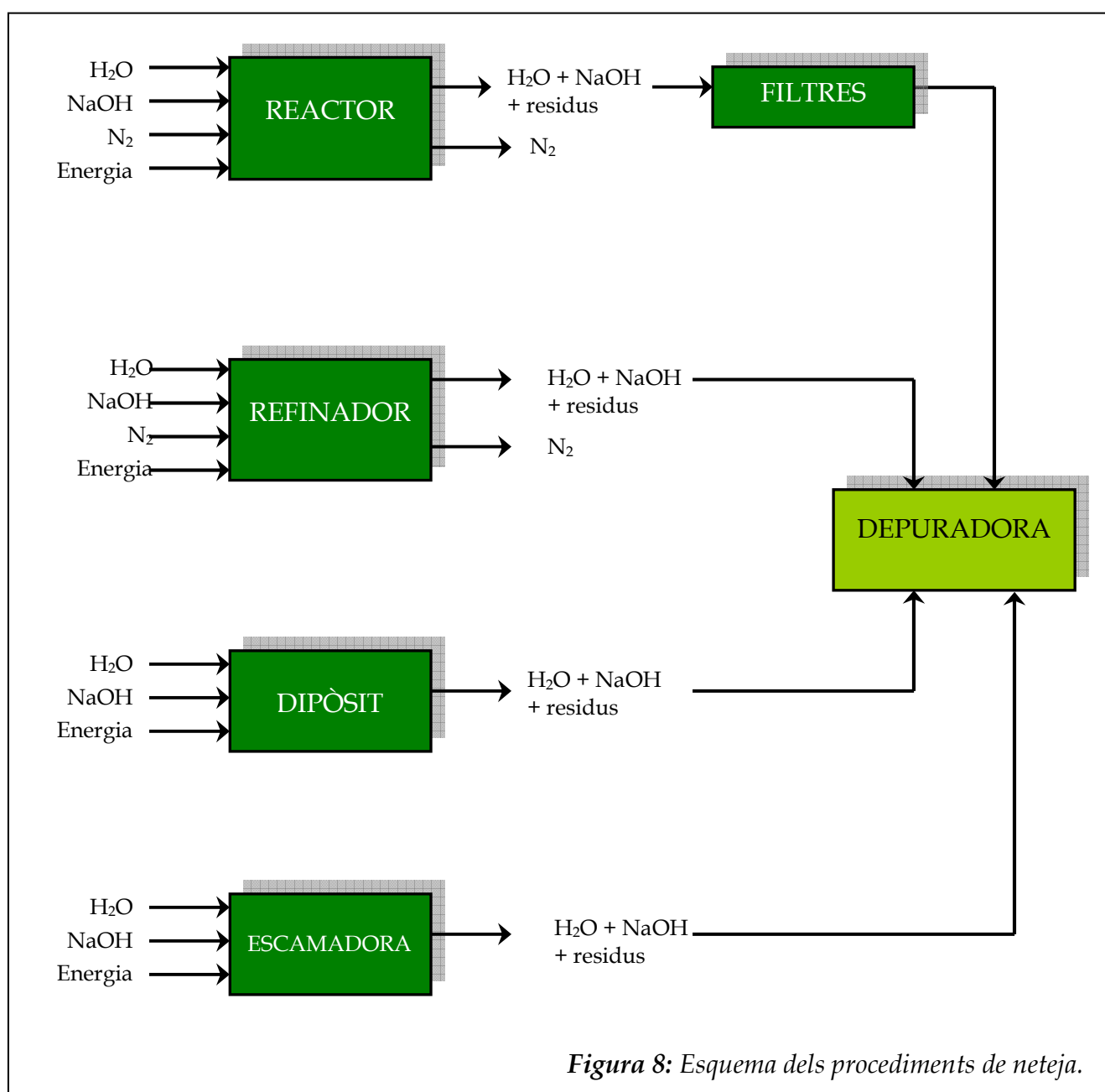
Taula 9: Quantitat d'aigua consumida en el procediment de neteja de cada tanc.

Reactor	E.1.70	E.1.71	E.1.72	ESCAMADORA
Cantidad de agua (l)	2.500	2.500	2.500	1.500

Un cop introduïdes les quantitats d'aigua pertinents, s'afegeixen 10 Kgs de NaOH amb una concentració del 50%, i es posa l'agitador en marxa juntament amb la manta de N₂.

Al llarg de la operació de neteja hi ha un consum energètic que l'empresa no té en compte a l'hora de valorar-ne els consums. En són els exemples la quantitat d'energia per injectar el vapor per les canonades o bé el consum energètic de l'agitador.

Les substàncies i energia que es destinen en els diferents tancs durant el procediment de neteja de tota la línia queden reflectides a la figura 8. En aquest diagrama també s'hi pot observar el destí final dels residus que es generen.



3) CONSUMS DE MATÈRIA I ENERGIA

Introducció

Els resultats que tot seguit exposarem no entren a concretar específicament amb els consums que es generen en la fabricació del nostre producte, sinó que s'han obtingut a través dels consums totals de la planta respecte les quantitats de productes produïts durant l'any 2006.

Els resultats obtinguts en aquest treball estan directament relacionats amb dos aspectes fonamentals:

- L'ús de l'energia per la producció de monoestearat de glicerina.
- Les emissions de gasos responsables de l'efecte hivernacle.

Pel que fa al tipus d'energia que s'ha utilitzat per realitzar el cicle de vida d'aquest producte, es pot destacar el consum d'energia elèctrica i el de gas natural, principals energies que l'empresa utilitza en el conjunt de tota la planta.

En les emissions de gasos d'efecte hivernacle, un dels components principals que causen aquest problema és el CO₂. Aquest gas és el que s'ha tingut en compte alhora d'obtenir els resultats en relació al canvi climàtic.

Per la obtenció dels consums generats en MEG-1, com s'ha explicat anteriorment, s'han utilitzat les dades referents a l'any 2006. Aquests dades de consums es reflecteixen a la taula 10.

Taula 10: Consums energètics de l'any 2006.

Consums energètics durant l'any 2006	
Consum elèctric	9.349.632 kWh
Consum de gas natural	30.625.340 kWh

No obstant, per tal que els resultats de consums energètics siguin més fiables s'han estudiat dos sistemes diferents per tal d'obtenir els pertinents consums d'electricitat i de gas natural; en un s'ha utilitzat el temps de producció i en l'altre la quantitat de monoestearat de glicerina produït, que és de 6,005 tones.

El temps de producció total en l'empresa s'obtenen partint del fet que tan sols quinze dies durant tot l'any es para la producció en planta. Per tant tenim un ritme de treball de 24 hores continues (en diferents torns) durant 350 dies, per tant unes 8400 hores.

La taula 11 recull el temps i les tones totals de producte produïts en tota l'empresa durant l'any 2006.

Taula 11: Hores totals de producció i tones produïdes a la planta durant el 2006.

Temps total produït a l'any	8400 hores
Producció durant l'any 2006	15139 tones

Un cop obtinguts els resultats dels consums energètics a partir dels sistemes esmentats anteriorment, es calcularan les quantitats referents a les emissions de CO₂ durant la producció de l'ester.

Consums de matèria

Així, agrupant els consums de les matèries que intervenen en el procés, s'obté la quantitat total de matèria que es necessita per dur a terme la fabricació del monoestearat de glicerina. A la taula 12 s'hi observa com a dada principal el rendiment del procés, el qual fa referència a la quantitat de producte final que es fabrica.

Taula 12: Consum de matèria general pel procés d'obtenció del monoestearat de glicerina.

Matèries Primeres	Pes en Kgs.
Glicerina	1783
Àcid esteàric	5225
NaClO	24,2
Na ₂ SO ₄	12
H ₂ O Permutada	400
Coadyuvant de filtració	25
Balanç de matèries (sense cat. ni additius)	7008
Rendiment	6005
Residus	1003
TOTAL H ₂ O que surt del sistema	9748

Tal i com es pot calcular a partir de les dades presentades a la taula 13, el procés presenta un rendiment del 85,7 %. La major part dels residus que es generen són arrossegats per l'aigua i posteriorment enviats a la depuradora.

Altres matèries com l'NaCl, les restes del coadyuvant o el Na₂SO₄ són tractats com a residu especial.

És convenient incloure també l'elevat consum de N₂ emprat en el procés, el qual oscil·la al voltant de 16.500 litres.

Discussió dels consums de matèria

En aquest apartat, es vol destacar en primer lloc la importància d'obtenir un procés amb una elevada eficiència i un alt rendiment. Es pot considerar que un rendiment del 85,69 % és una bona xifra, no obstant, és millorable i cal realitzar constantment estudis que permetin a l'empresa adaptar-se a les millors tècniques disponibles.

És convenient tenir un coneixement precís de les substàncies retingudes al llarg de tots els tancs i canonades quan s'efectua un transvas i estudiar propostes per reduir-ne la retenció i augmentar per tant el rendiment.

El total de residus que s'emeten (juntament amb l'aigua) és de 1003 kg, i demanen d'un tractament especial ja que es tracten de components químics que en quantitats inadequades afecten negativament a l'organisme.

La problemàtica més important en el consum de matèries ve donada per l'elevada quantitat d'aigua (aproximadament 10.000 l) que surten en el final del procés. Caldria revisar cuidadosament la línia per tal de detectar punts on l'estalvi sigui possible.

És convenient també fer un incís en l'elevada quantitat de N₂ emprat en el procés (uns 16.500 litres) el qual s'origina a costa d'un procés molt costós. Aquest gas no es reutilitza.

En l'apartat de millores s'exposen algunes iniciatives al respecte.

Hom creu també que seria convenient realitzar un estudi a fons per determinar les concentracions de residus que són emesos separatament en cada part del procés per així establir comparacions amb el total que s'obté per a tot el procés.

Consums energètics

Com s'ha comentat anteriorment en l'apartat introductori, el mètode d'obtenció dels consums energètics s'havia plantejat de forma dual:

- Establint la relació entre hores de producció del monoestearat i hores totals de producció en planta a l'any.
- Establint la relació entre tones produïdes de monoestearat i tones produïdes totals en planta a l'any.

Davant aquesta consideració s'ha optat finalment pel segon sistema ja que les dades que s'obtindrien suposant un temps determinat pel procés, no seria exclusiu d'aquest, sinó que durant el mateix període s'estarien realitzant altres operacions en planta que distorsionarien els consums energètics particulars de MEG-1. Així, al llarg de les 47 hores que transcorren per a la producció de l'ester, no s'aturen les altres línies productives, per tant es fa difícil subdividir els consums energètics per la mateixa unitat temporal.

Consum energètic per tones de producte

Els consum energètic total de MEG-1 s'obté multiplicant les tones de producte de la línia pel consum d'una tona de producte general de tota l'empresa.

La taula 13 ens mostra les dades referents a l'energia gastada per la fabricació d'una tona de producte acabat en el conjunt de processos que genera l'empresa i els consums energètics de la unitat funcional estudiada per cadascuna de les fonts d'energia que utilitza l'empresa.

Taula 13: Consum d'energia elèctrica i de gas referida a la unitat funcional.

Font energètica	kWh/t de producte acabat	TONES DE PRODUCTE	kWh consumits en la línia
Electricitat	615	6,005	3.695
Gas	2.016	6,005	12.105

Discussió dels consums d'energia

Establir els consums d'energia amb precisió per a cadascun dels processos resulta molt difícil degut al desconeixement de les potències d'elements com ara les bombes de circulació, els agitadors, o bé els consums de gas, entre altres.

Pel que fa al consum del reactor s'ha pogut obtenir, mitjançant càlculs sabent el cabal d'oli, la seva capacitat calorífica, etc., un consum energètic aproximat (veure annex 3).

Com ja s'ha dit anteriorment s'ha optat per escollir la relació establerta entre tones produïdes de monoestearat de glicerina i tones totals produïdes en planta (tan per energia elèctrica com per gas natural).

Així, el consum energètic total calculat per a produir 6.005 kg de l'ester és de **15800 kwh**.

En la figura 9 s'especifiquen els consums d'energia desglossats segons el seu origen.

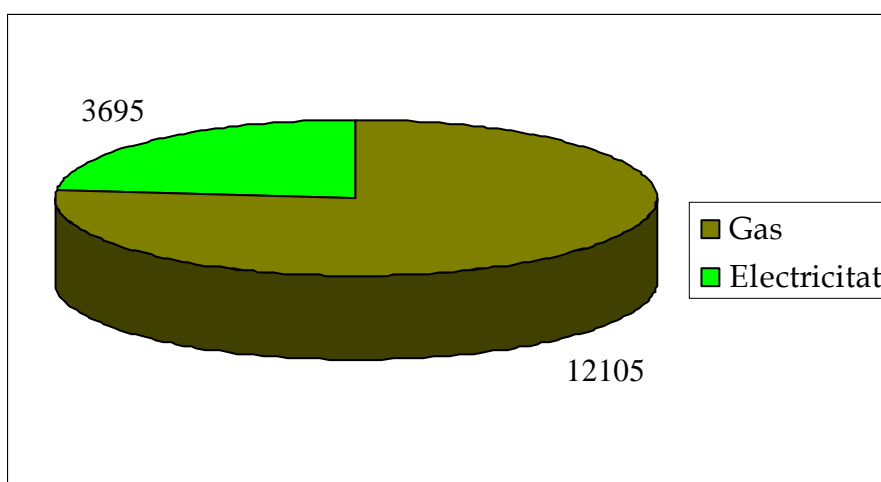


Figura 9: Consum energètic total en kwh, elèctric i de gas per a la nostra unitat funcional

Així, el consum de gas és tres vegades superior al consum elèctric. Aquest darrer és més agressiu en la seva producció ja que per cada kwh d'energia elèctrica que es produeix s'emeten 0,538 kg CO₂ a l'atmosfera, en canvi per produir 1 kwh d'energia a partir de gas natural s'emeten $2,016 \cdot 10^{-4}$ kg de CO₂.

Aquesta diferència recau en el fet que a Espanya, l'energia elèctrica prové de la crema de combustibles fòssils com ara carbó o derivats del petroli en centrals tèrmica, i això implica una considerable emissió de CO₂, molt superior a la crema de gas natural.

Tal i com s'observa en la figura 10, el consum de gas en el reactor és gairebé una tercera part (30,52%) del total de gas natural consumit. Degut a la manca d'accés a les dades dels altres tancs, se suposa que la resta queda dividit en proporcions molt semblants entre el refinador i el dipòsit ja que els temps en què el producte es troba dins d'ells són també molt similars.

Els consums de gas en el reactor s'han obtingut a través dels càlculs de l'annex 3.

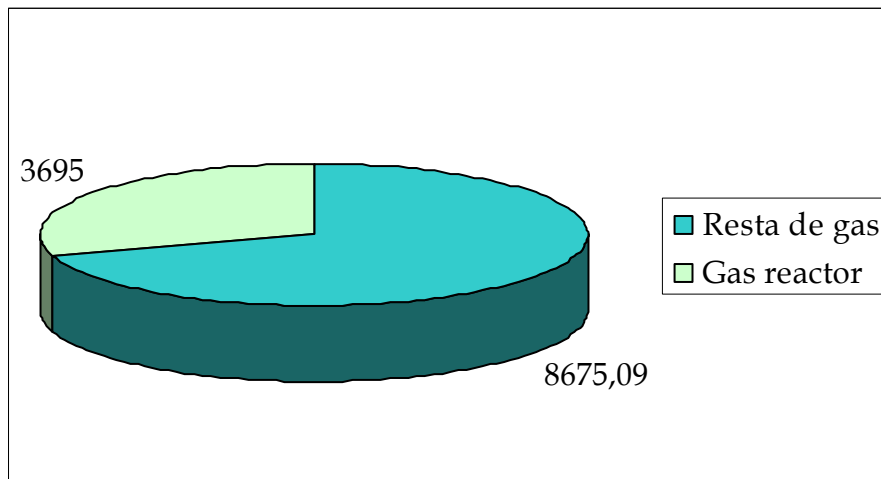


Figura 10: Consum energètic de gas del reactor respecte el consum total de gas del procés, en kwh.

4) CANVI CLIMÀTIC

Introducció

Per tal d'obtenir aquests càlculs s'han utilitzat uns factors bibliogràfics a nivell estatal per convertir els consums d'energia de kWh a kilograms de CO₂.

El factor pel que fa a kilograms de CO₂ provinents de la producció d'electricitat provenen del Ministeri de Indústria i són dades que tot i no estar publicades, el Ministeri d'Indústria les ha facilitat a les empreses i consultories ambientals. En el nostre cas ens les ha proporcionat Qnorm.

Pel que fa al factor que detalla les quantitats de CO₂ provinents de la formació de gas natural han estat extretes del decret transposat de la Directiva 2003/87/EC (veure taula 14 per factors).

Taula 14: Factors utilitzats per a la conversió de consums energètics a emissions de CO₂.

Factors de càlcul del CO ₂	
Electricitat	0,538 kgCO ₂ /kWh
Gas	56 kgCO ₂ /GJ

Esmentar que en el cas del gas, per tal d'obtenir el resultat final en relació a kg de CO₂ /kWh, s'ha utilitzat el factor de 3,6 GJ/MWh de PCI (Producte Calorífic Inferior), ja que el factor de CO₂ es dona amb GJ i no amb kWh.

Resultats

Emissions de CO₂ en la producció de les matèries primeres

A partir de les dades obtingudes mitjançant el SimaPro, s'han obtingut les quantitats de CO₂ que resulten de la formació dels productes que entren al sistema. No obstant, la fiabilitat dels resultats és limitada, ja que no s'han obtingut aquestes emissions ni per la glicerina ni per a l'àcid esteàric, els quals no figuren en la base de dades i l'estudi de la seva formació queda fora de l'abast d'aquest estudi.

En la taula 15 es presenten les contribucions indirectes al canvi climàtic per les diferents matèries primeres (els càlculs s'exposen en l'annex 4).

Taula 15: Contribucions indirectes al canvi climàtic per les diferents matèries primeres.

	Kg CO ₂ /kg matèria	Kg matèria	kg CO ₂
NaClO	5,56	1,1	6,17
Na ₂ SO ₄	0,439	12	5,27
NaOH	2	30	60
N ₂	0,296	832,5	246,42
	TOTAL		317,86

Emissions de CO₂ associat als consums energètics

Per tones de producte

S'han obtingut els kilograms de CO₂ en relació a les tones de producte que utilitza l'empresa en MEG-1 sobre el total de tones produïdes. A taula 16 es presenta l'emissió de CO₂ tant pel consum d'energia elèctrica com per l'energia produïda per gas natural (veure factors de conversió en l'apartat introductori).

Taula 16: Emissions de CO₂ associades al consum d'energia elèctrica.

Font energètica	Kwh totals	Kg CO ₂ / kwh	CO ₂ emès indirecte [kg]
Electricitat	3.695	0,538	1.988
Gas	12.105	2,016 ·10 ⁻⁴	2.440
TOTAL	15800	-	4428

A l'apartat de conclusions de canvi climàtic, discutirem els resultats que hem obtingut de les emissions de CO₂ en fer els balanços energètics.

Emissions de CO₂ al llarg del transport de les matèries primes

En aquest apartat es pretén, de forma molt aproximada, valorar les emissions de CO₂ en relació al total d'emissions del mateix gas calculades al llarg del procés, per tal d'establir així si hagués estat necessari incorporar aquests valors a dins de l'estudi.

S'estudia, per separat, el transport de les dues matèries primeres més importants: l'àcid esteàric i la glicerina.

L'obtenció de dades, com en el cas dels consums de matèria, s'obtenen de la base de dades ja esmentada del SimaPro.

(veure annex 5 per ampliar dades sobre l'impacte ambiental de cada mitjà i energia)

Pel que fa a l'àcid esteàric

La compra d'àcid esteàric per part de CRODA es fa directament a Borges, amb seu a Reus. El seu transport es porta a terme amb un camió de 28 tones, i amb una capacitat de càrrega de fins a 16 tones.

TRANSPORT AMB CAMIÓ

A la taula 17 es presenten els factors d'equivalència i les contribucions al canvi climàtic associats al transport de l'àcid esteàric amb un camió de 28 tones, tant pel transport d'anada com el de tornada, és a dir, ple i buit de material.

Taula 17: Emissions de CO₂ en el transport, anada i tornada.

Camió de 28t.	Kg CO ₂ /km	Distància recorreguda	Kg CO ₂ emesos
Ple	1,24	170	210,8
Buit	0,961	170	163,37
TOTAL	-	-	374,17
Ponderat per la unitat funcional (5225 kg)	-	-	122,19

Tal i com s'observa a la taula anterior, cal ponderar els kg de CO₂ total emesos en funció de la nostra unitat funcional, ja que per obtenir 6005 kg de monoestearat de glicerina, ens calen 5225 kg d'àcid esteàric.

Pel que fa a la glicerina

L'adquisició de glicerina per part de CRODA es realitza a la pròpia empresa, però a la seva seu alemanya, concretament a Nettetal. Això és degut a que la glicerina que s'obté és d'una alta puresa, mentre que la glicerina que s'obté a nivell estatal és un subproducte de la formació de biodiesel i té impureses no aptes.

En el transport hi ha dues fases: una d'elles la que es porta a terme amb tren des d'Alemanya fins a Perpinyà, i una altra amb camió des de Perpinyà fins a CRODA Ibèrica, amb els respectius viatges de tornada.

Primer de tot és convenient establir la relació que s'estableix entre les emissions de CO₂ generades per cada tipus de transport, suposant que en ambdós casos el transport és de 16 tones al llarg d'un kilòmetre. En la taula 18 s'expressa la comparativa.

Taula 18: Relació d'emissions de CO₂ per a portar 16 t. de matèria primera al llarg d'1 km segons el tipus de transport.

Camió	Tren
1,24 kg CO ₂	0,06336 kg CO ₂

Per tant les emissions de CO₂ en el cas del camió és un 5,1 % major (el tren és una mitjà de transport més sostenible).

Un cop establerta la comparació cal calcular i expressar numèricament les emissions de CO₂ per a cada tram descrit.

TRANSPORT AMB TREN I CAMIÓ

Com s'ha dit, el tren recorre el trajecte entre Nettetel (Alemanya) i Perpinyà (França), el qual suposa aproximadament 1220 kms.

En la base de dades del SimaPro, per a un tren elèctric de les característiques que pertocquen, el consum s'expressa en kilograms de CO₂ per a cada tona i kilòmetre, no obstant, feta la conversió, s'estableix el factor per a cada 16 tones al llarg d'un kilòmetre, per equiparar-ho així al mateix pes que transporta el camió.

En el cas del transport de la glicerina amb camió s'han tingut en compte les emissions de CO₂ degudes al transport de 16 tones de matèria des de Perpinyà fins a CRODA Ibérica (Fogars de la Selva).

La taula 19 mostra els kg de CO₂ totals emesos pel transport de la glicerina fent referència als dos tipus de transport esmentats anteriorment, i a més també s'hi pot observar la dada d'emissió referent als kg utilitzats de glicerina per la unitat funcional estudiada.

Taula 19: Emissions de CO₂ degudes al transport amb camió i tren.

		Kg CO ₂ /km	Distància recorreguda	Kg CO ₂ emesos
Camió de 28 tones	Ple	1,24	131	162,44
	Buit	0,961	131	125,89
	TOTAL	-	-	288,33
Tren	Anada/Tornada	0,006336	1220	77,30
	TOTAL			154,60
Ponderat per la unitat funcional (1783 kg)		-	-	49,36

Com es pot observar a la taula anterior, es considera que el viatge amb tren és d'anada i tornada i per tant cal multiplicar el valor per dos, obtenint com a resultat **154,60 kg** de CO₂ emesos.

En el mateix cas que en l'àcid esteàric, aquestes dades queden expressades segons les 16 tones que es transporten, tant en camió com amb tren, i cal expressar els resultats en funció del pes de la unitat funcional, la qual és de 6005 kg. Respecte aquesta quantitat, 1783 kg corresponen a la glicerina introduïda en el tanc.

Emissions totals degudes al transport

Només queda sumar les emissions pertinents al transport de cada substància per obtenir el total representatiu que posteriorment serà comparat i comentat, tal i com s'observa a la taula 20.

Taula 20: Total d'emissions en el transport de glicerina i àcid esteàric fins a la planta.

Àcid esteàric	122,19 kg CO ₂
Glicerina	49,36 kg CO ₂
TOTAL	171,55 kg CO₂

Discussió de resultats

Volem deixar clar, abans de res, que per calcular l'impacte ambiental que causa l'empresa en la fabricació del monoestearat de glicerina, ens hem basat única i exclusivament amb el CO₂, principal responsable de l'efecte hivernacle.

Per calcular les emissions de CO₂ que emet l'empresa cada vegada que executa MEG-1 hem tingut en compte, en primer lloc, la formació de les matèries primeres que s'utilitzen per produir el producte (NaClO, Na₂SO₄, NaOH i N₂), però no la glicerina ni l'àcid esteàric (principals matèries primeres) que no han pogut ser avaluades ja que no apareixien en la base de dades i, per tant, no hem pogut determinar les seves contribucions al canvi climàtic pel que fa la seva formació.

En segon lloc s'han tingut en compte les emissions de CO₂ que deriven del procés d'obtenció de l'energia elèctrica i de gas natural necessàries per a portar a terme MEG-1.

Un altre punt a analitzar en aquest apartat és la contribució al canvi climàtic que comporta el transport de les matèries primeres principals (glicerina i àcid esteàric) fins a CRODA. Aquest punt, malgrat estar fora de l'abast del sistema, ha estat considerat i calculat de forma aproximada per decidir si seria convenient incloure les emissions en la suma total i poder avaluar així la importància de la crema de combustible per transport en l'estudi general i elaborar-ne millores en l'eficiència.

Pel que fa a les emissions de CO₂ que s'emeten per utilitzar aquelles matèries primeres necessàries perquè es donin les reaccions del procés, es pot veure com a resultat més rellevant, que el N₂, gas inert utilitzat per aconseguir un constant moviment del contingut dels tancs, és el gas que contribueix més al canvi climàtic (246,42 Kg CO₂), ja que el 77,5 % de les emissions de CO₂ que s'emeten en la producció d'aquestes matèries primeres són causades per aquest. (apreciable en la figura 11).

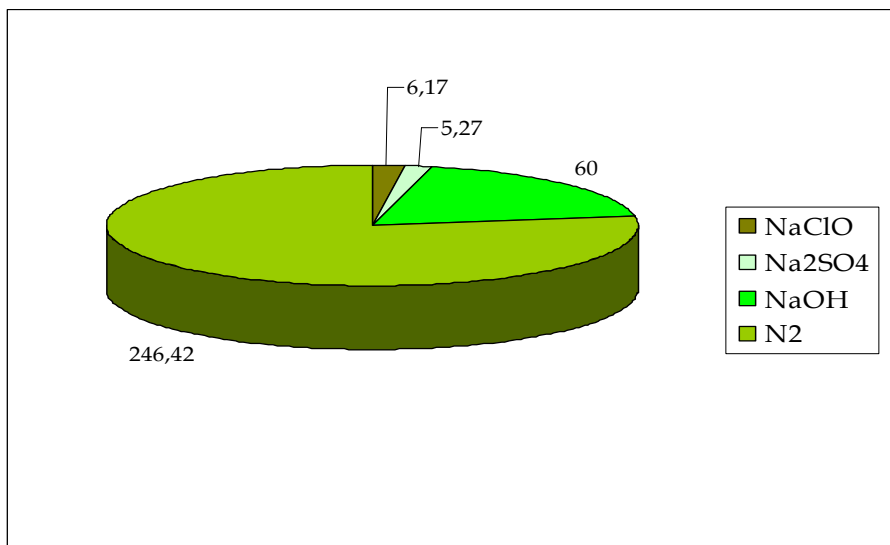


Figura 11: Conjunt total de kgs. de CO₂ emès en la formació de les matèries que intervien en el procés, i relació dels proporcions per a cada matèria prima.

Això es degut sobretot a una elevada utilització d'aquest gas, ja que s'utilitza en grans quantitats al reactor, i també s'utilitza en el refinador i lleugerament en el procediment de neteja (aproximadament 16.500 litres en total).

En la figura 12, a més, es poden veure les proporcions d'aquest gas que són usades en cadascun dels tancs, i com queda detallat que el consum més gran és al reactor, per tal d'afavorir a la no-precipitació de les matèries primes.

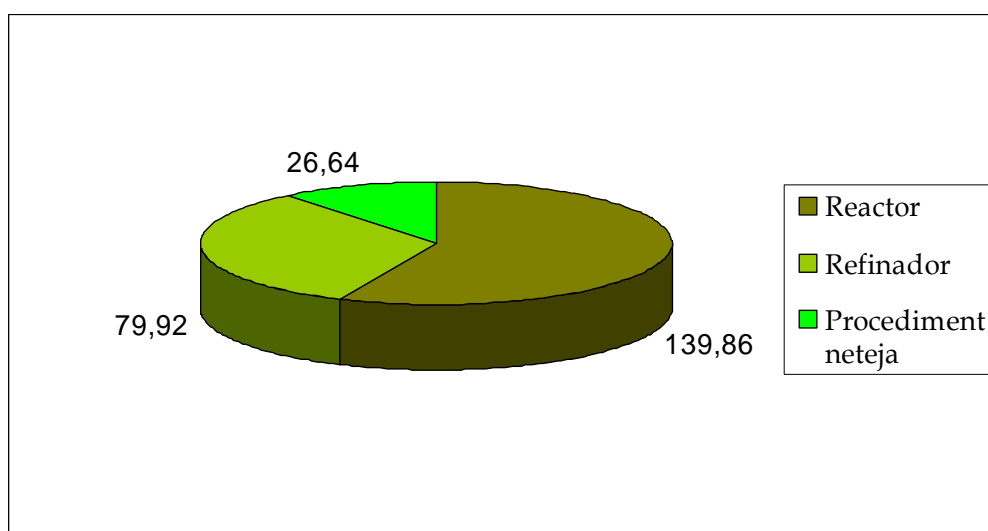


Figura 12: Totals de kgs. de CO₂ emès en la formació de N₂ i distribució ponderada segons el tanc on és emprat.

De les demés matèries primeres, cal destacar l'hidròxid de sodi (NaOH) que malgrat no comportar unes emissions molt elevades de CO₂ (60 kg CO₂), emet 12 vegades més que el sulfat de sodi (Na₂SO₄) i l'hipoclorit sòdic (NaClO) (amb 5,27 i 6,17 kg de CO₂ respectivament) i tan sols és usat en la neteja dels tancs.

En vista de les emissions de CO₂ indirectes per l'ús d'energia es veu en primera instància que la formació de cada kwh d'energia elèctrica emet 0,538 kg CO₂, en contra dels 2,016 · 10⁻⁴ kg que s'emeten per produir 1 kwh de gas natural. Per tant podem concloure que l'energia més neta és el gas natural.

Per a la producció de la nostra unitat funcional però, l'energia més emprada és el gas natural; se'n consumeix gairebé tres vegades més que d'energia elèctrica (3.695 kwh en front dels 12.105 kwh d'energia elèctrica). És obvi per tant concloure que la major part del CO₂ provindrà, indirectament, de la crema del gas, tal i com s'aprecia en la figura 13.

La contribució total al canvi climàtic conseqüent del consum energètic és de **15.800 kg de CO₂**.

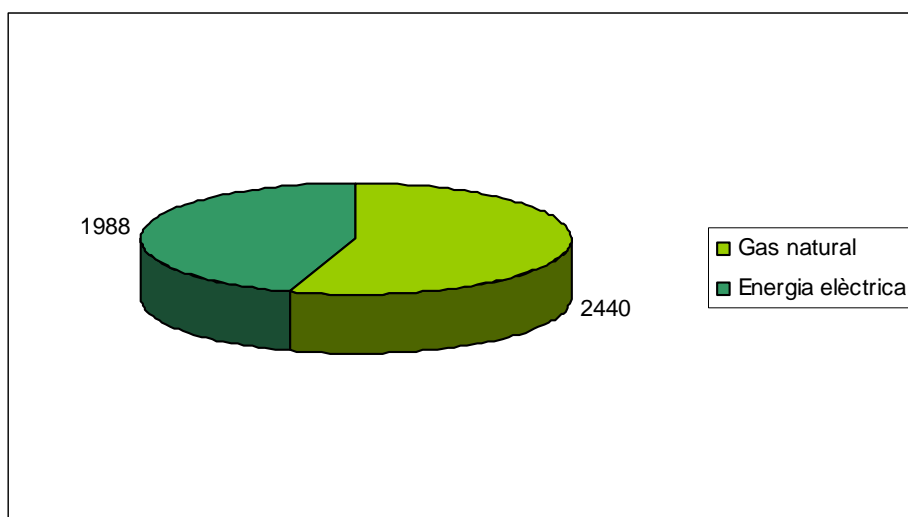


Figura 13: Total de kg de CO₂ emesos i ponderació segons el tipus de consum energètic.

Finalment, pel que fa a les emissions de CO₂ que comporta el transport de les principals matèries primeres, glicerina i àcid esteàric, fins a CRODA, destacar que malgrat que la glicerina s'importa d'Alemanya, el transport utilitzat en la major part del trajecte, el tren, és molt més net i per tant emet molt menys CO₂ que utilitzant el camió com a mitjà de transport com és el cas de l'àcid esteàric.

Per tant, tot i que la glicerina vingui de més lluny, el seu transport no és pas el més agressiu, sinó que el transport d'àcid esteàric, set vegades més proper, emet més CO₂ a l'atmosfera.

En total, el transport té una contribució en el canvi climàtic de **171,55 kg CO₂**, i en la figura 14 s'observen les emissions de CO₂ ponderades per a cada tipus de transport.

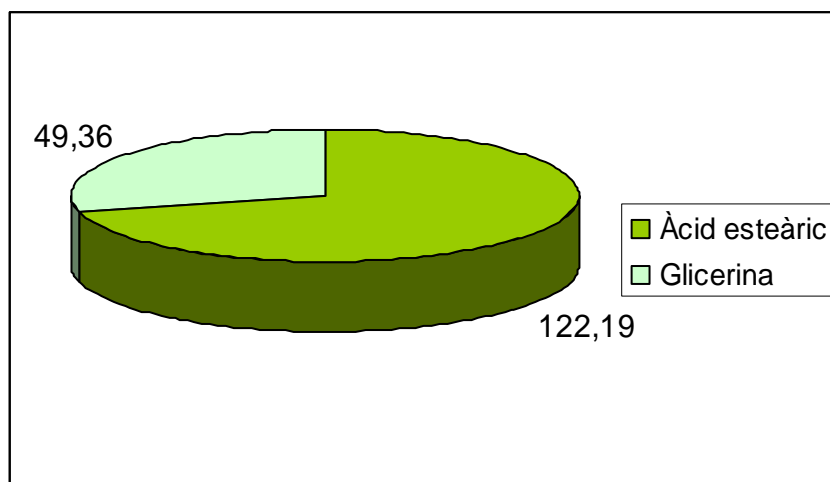


Figura 14: Conjunt total de CO₂ emès pel transport de les dues matèries primeres principals.

Així el transport suposa un 3,5% aproximadament del total de kilograms de CO₂ que s'emeten en tot el procés de fabricació del monoestearat de glicerina, i per tant no pot ser omès ni el càlcul final ni en l'avaluació de l'impacte, i per tant és un factor important a tenir en compte.

Total kg de CO₂ per a produir 6,005 tones de Monoestearat de Glicerina (incloent transport) = 4917,41 kg de CO₂.

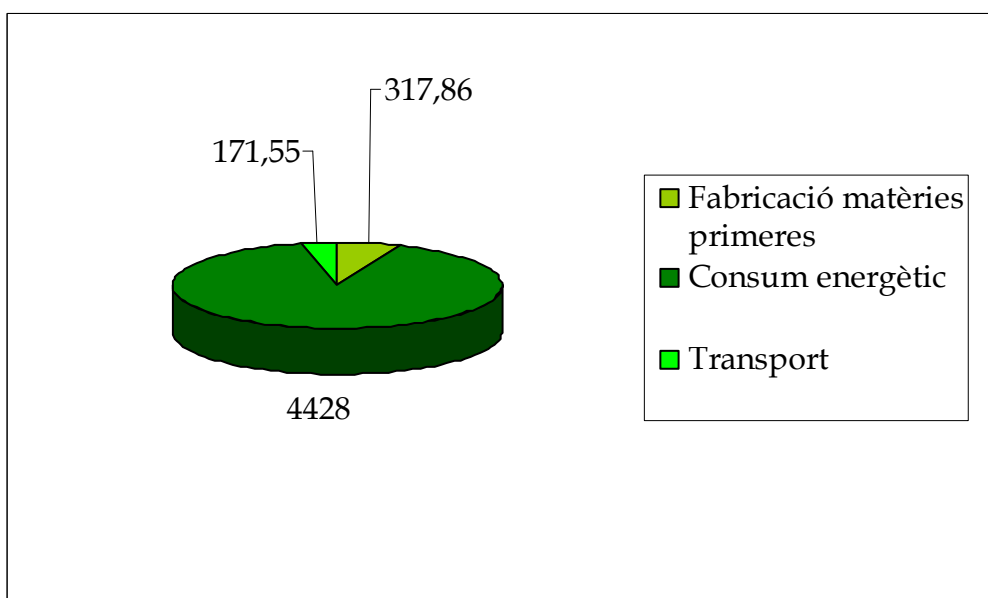


Figura 15: Conjunt total de CO₂ emès dins el sistema i transport.

5) Propostes de millora

En aquest apartat volem incloure tota una sèrie de propostes per tal de millorar alguns aspectes en MEG-1 que l'empresa hauria de tenir en compte per desenvolupar possibles opcions de millora en la línia de cara al futur.

- En el transport de les matèries, cal tenir en compte la distància de transport, ja que en el cas de la glicerina el cost que comporta transportar-la des de Alemanya és elevat, tant econòmicament com ambientalment. Si fos possible adquirir aquesta matèria primera d'algun lloc més pròxim els costos resultants serien inferiors. Aquesta glicerina es podria obtenir a través de les plantes de biodiesel que es troben situades a Espanya, les quals generen glicerina com a residu en la producció de biodiesel que hauria de ser purificada prèviament per el seu ús.

Un altre aspecte a tenir en compte és el del transport amb camió buit. Si un cop descarregades les matèries a la planta el camió segueix el seu trajecte sense càrrega, el que fa és duplicar la càrrega dels costos de les matèries primeres. En aquest cas, caldria que CRODA intentés trobar alguna altra empresa perquè pogués utilitzar el camió que va buit i d'aquesta manera reduirien el cost de transport que els hi comporta.

- La refrigeració de l'oli tèrmic al reactor per tal de fer disminuir la temperatura del producte un cop finalitzada la reacció, comporta un elevat cost energètic i d'aigua, ja que normalment els processos de refrigeració solen ser més cars que els d'escalfament. Una possible proposta per millorar el sistema de refredament de l'oli, seria enviar aquest oli calent, el qual es troba a una temperatura aproximada de 230°C, a un dipòsit completament aïllat que permetés mantenir l'oli a un temperatura elevada per una possible reutilització en el mateix procés o en un altre. Per tal de fer disminuir la temperatura del reactor es tractaria d'introduir-hi oli fred. Aquest si que seria conduït cap a un refrigerador per tal de fer-lo refredar, d'aquesta manera podrà tornar ser utilitzat per continuar refredant el tanc (figura 16).

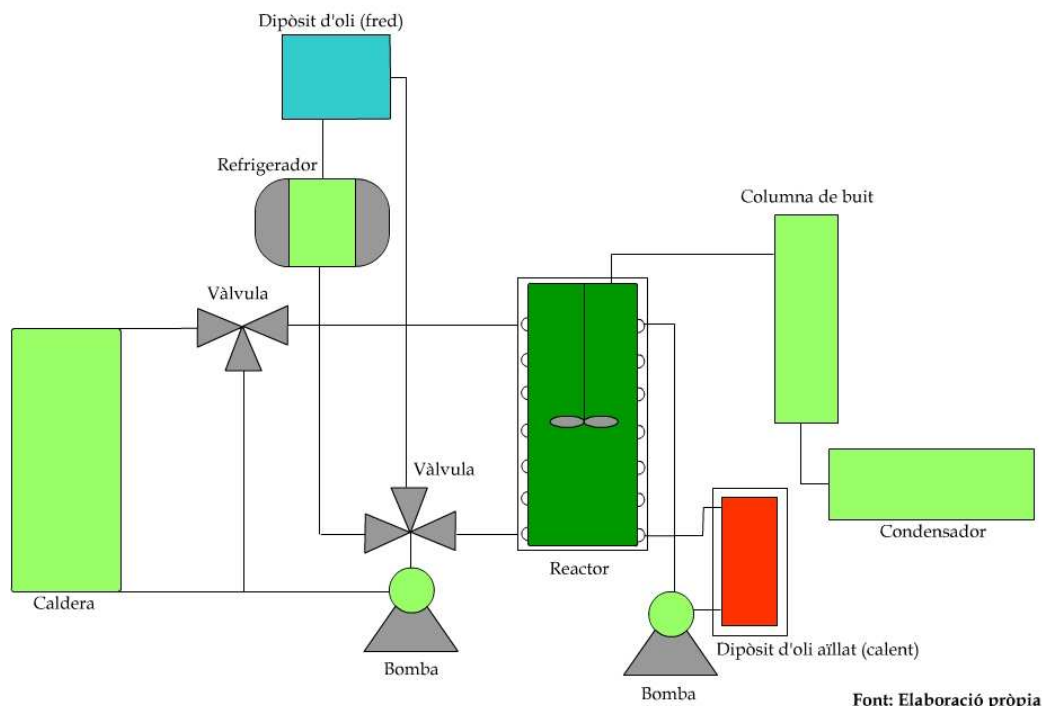


Figura 16: Proposta de recirculació de l'oli tèrmic

Una altra opció de millora que proposem, és la de refredar el producte fins a 70 °C en un altre tanc mitjançant una camisa d'aigua o algun líquid refrigerant que ajudés a assolir la temperatura idònia que es vol aconseguir, tot evitant el cost que es genera en l'etapa de refrigeració.

■ Pel que fa a l'etapa de filtració, que té lloc després de que el producte hagi estat tractat en el refinador, cal conèixer molt bé quina hauria de ser la temperatura del producte per ser filtrat, ja que segons la granulometria dels cristalls d'un producte determinat es necessita que siguin filtrats a una certa temperatura per a obtenir un resultat òptim. Si l'empresa no coneix quina és la temperatura òptima de filtració del monoestearat de glicerina, caldria realitzar diverses proves al laboratori per trobar la corba de cristallització del producte, d'aquesta manera s'aconseguiria trobar quina és la temperatura idònia per filtrar el producte. Aquesta dada, ens permetria conèixer si el procediment que s'està duent a terme és el correcte o caldria millorar l'eficiència per el seu tractament.

També s'hauria de tenir en compte el suport en el qual es dur a terme el filtratge, ja que s'hi s'augmenta la seva superfície es podria filtrar més quantitat de producte. Caldria conèixer si la metodologia del filtratge és la correcte o no, ja que possiblement es poden cometre errors, com ara la de col·locar diversos papers de filtre en comptes

d'un perquè es creu que el producte es filtra millor o bé no crear correctament el buit per obtenir un filtratge més òptim.

■ El cilindre que forma part de la màquina d'escamació, seria convenient aïllar-lo del medi exterior a través d'una caixa metàl·lica, o d'algun altre material, ja que la temperatura a la qual es troba el cilindre és molt baixa i en contacte amb la temperatura ambient el cilindre perd rendiment i s'ha d'invertir més energia perquè assoleixi una temperatura mínima.

■ En els procediments de neteja una proposta significativa a millorar és la reducció del consum d'aigua. Existeixen diferents mètodes per aconseguir reduir el cost que genera aquest tipus de consum i reduir també el cost energètic que se'n deriva. Un sistema proposat es basa en rentar els tancs utilitzant aigua a pressió, combinada o no amb productes químics que ajudin a desincrustar la brutícia dels tancs. Aquest sistema consta d'un capçal que conté 2 o 4 tubs foradats pels quals surt aigua a una pressió molt elevada que permet netejar amb facilitat dipòsits de grans dimensions i reduir considerablement la quantitat d'aigua. També podrien instal·lar-se sistemes de pressió en tubs i canonades per millorar-ne l'eficiència de la neteja.

Un altre proposta a tenir en compte pot ser adoptar un sistema de neteja en cascada, el qual utilitza per una primera neteja l'aigua més bruta, com pot ser l'esbandida del reactor, seguint amb d'altres aigües més netes. D'aquesta manera s'aconsegueix utilitzar poca quantitat d'aigua de consum (neta completament).

■ Actualment s'estan duent a terme estudis relacionats amb la **Química Verda**, sobre la viabilitat d'incorporar enzims d'origen animal en la reacció per tal d'accelerar-la i d'aquesta manera reduir indirectament costos energètics i ambientals a la vegada. Cal estudiar-ne l'aplicació en aquesta línia de procés per saber si és un tractament idoni per aquest producte.

■ Per tal de conèixer amb seguretat quins són els consums que es generen en la línia MEG-1, una proposta a tenir en compte és la instal·lació de comptadors en els diversos punts de consum per tal de realitzar lectures periòdiques i d'aquesta manera poder conèixer amb detall les quantitats d'energia elèctrica, de vapor i d'aigua que es gasten. A partir de les dades obtingudes dels consums generats es podrà realitzar un estudi més acurat de la línia productiva per saber quins són els punts més febles on cal actuar.

6) Conclusions

El món de la indústria química, per definició, està lligat a la producció en grans quantitats de substàncies comercials. Una gran producció implica també una gran inversió, ja sigui de capital, recursos naturals, de mà d'obra, etc. Conseqüentment, l'impacte que rep el medi, de forma directa o indirecta, de la producció química industrial és molt superior al que generen altres activitats de l'home.

Cal doncs elaborar mecanismes que permetin, en la mesura del possible, quantificar aquests impactes i valorar-los en funció de la seva agressivitat. A partir d'aquí, podem establir decisions i propostes que faran més efectiva la producció en planta.

En aquest marc s'engloba la metodologia de l'ACV, la qual pretén obtenir de la forma més precisa possible els impactes ambientals des de *l'inici fins a la mort* del producte, o sigui, des que s'obtenen o es produeixen les seves matèries primes, fins que el producte, en si mateix, ha desaparegut, per fer una posterior interpretació d'aquests resultats i actuar-hi en conseqüència. Per tant la química industrial és un sector amb una dependència constant a l'adequació de les noves tecnologies que facin possible una eficiència superior en les seves línies productives, així com la reducció de les emissions de contaminants i consums innecessaris.

El propòsit d'aquest treball ha estat l'estudi de la línia de producció del monoestearat de glicerina (MEG-1, amb una unitat funcional de 6.005 kg) en l'empresa CRODA Ibérica S.A - Mevisa Site. L'estudi, però, no pretenia obtenir els consums de matèria i energia, i els seus impactes, en la seva totalitat sinó que el que es volia era elaborar un document que servís de base o estructura primària per a un estudi profund i més detallat sobre la línia. A més, es volia incorporar certes propostes i millores que fessin possible un estalvi general per a MEG-1, i també la detecció d'aquells punts febles on la disponibilitat de dades es fa insuficient i cal incidir per completar l'avaluació.

En referència als objectius proposats a l'inici del treball, es conclou:

Detallar els consums de matèria i energia amb el seu diagrama de flux

Al llarg del projecte i mitjançant dades obtingudes de l'empresa, i posteriors càlculs matemàtics i principis químics, s'han obtingut els pertinents consums de matèria i energia que serviran a l'empresa com a font d'informació per aprofundir en el coneixement d'aquesta línia productiva i prendre decisions al respecte.

En síntesi, alguns resultats importants a destacar en aquest punt són:

- Elevat consum d'aigua que té lloc en el procés (gairebé 10.000 l).
- Elevada quantitat de N₂ (uns 16.500 l).
- Quantificació del consum elèctric: 15.800 kwh (23,4 % de consum elèctric, 76,6 % de consum de gas).

Aquestes quantificacions, a més, han estat tractades també segons la seva contribució global al canvi climàtic.

Detectar punts febles on la disponibilitat de dades és insuficient

Per tal de realitzar amb fiabilitat un estudi d'aquestes característiques es requereix un coneixement de dades implicades en el procés prou òptim perquè els resultats s'ajustin a la realitat. No obstant, aquesta qüestió no sempre queda resolta adequadament i es generen **mancances** i buits d'informació que cal esmentar.

Es citen alguns dels factors limitants del present anàlisi:

- Les dades cedides per l'empresa són teòriques, en cap cas reals la qual cosa genera un error considerable. A més, no s'ha pogut quantificar de manera directe els consums de matèria ja que en el límit temporal d'aquest projecte no s'ha fabricat l'ester en qüestió.
- Es fa complicat obtenir consums energètics reals per a MEG-1 degut a la inexistència de comptadors en els instruments que intervenen en el procés, ni d'energia elèctrica ni de gas natural. Així doncs, el sistema alternatiu que s'ha emprat (comparant tones de productes segons les tones totals) és un mètode menys precís respecte la presa de dades directe.
- Les base de dades del SimaPro és insuficient i no presenta informació sobre cap de les dues matèries primeres del nostre procés: glicerina i àcid esteàric, i per tant no s'han pogut quantificar.
- Desconeixement de les distàncies exactes de transport i de la càrrega per matèria que transporten camió i tren.

Quantificar i avaluar l'impacte ambiental de la producció en termes d'emissió de CO₂

Com ja s'ha comentat amb anterioritat, aquest és un dels punts principals on es centrava l'estudi, i pretenia, amb la màxima precisió possible, estimar els impactes ambientals (en quant a emissions de CO₂) que es generen segons cada activitat, però també en general per a MEG-1.

En termes, molt generals, s'ha obtingut:

- Emissions indirectes per matèries primeres: 317,86 kg CO₂, el 77,5 % del qual prové del N₂.
- Emissions indirectes degudes al consum energètic de la producció: 4428 kg CO₂
- Emissions degudes al transport: 171,55 kg CO₂

La contribució general al canvi climàtic pel que fa a la nostra unitat funcional és doncs de **4917,41 kg CO₂**

Podem dir doncs, que en la fabricació de 6005 kg de monoestearat de glicerina, s'emeten 4917,41 kg CO₂; per tant un **81,9%** del seu pes.

La disponibilitat d'aquestes dades per part de l'empresa farà que puguin ésser comparades amb altres línies de la mateixa planta, i comparar-les també quan hi hagi un canvi en la línia, com per exemple un canvi de tecnologia més eficient.

Comparació de les emissions de CO₂ degudes al transport respecte el total

El que es pretenia en aquest apartat era concloure si la contribució al canvi climàtic pel que fa al transport de les principals matèries primeres (àcid esteàric i glicerina) eren representatives sobre el total de kilograms de CO₂ i per tant cal incorporar aquest factor en futurs estudis de finalitat similar.




Així s'ha conclòs:

- Les emissions de CO₂ degudes al transport, representen un 3,49 % de les emissions totals i per tan són un factor a tenir en compte, i no despreciable, a l'hora d'obtenir un impacte ambiental més precís.
- El transport en tren, malgrat ser molt més llarg, és també més net i eficient.
- Cal realitzar un estudi sobre la viabilitat d'obtenir la glicerina d'altres fonts més properes.

Identificar i avaluar oportunitats de millora

S'ha obtingut també un apartat on es proposen una sèrie de millores en punts on s'ha detectat una manca d'eficiència que pugui comportar costos energètics alts i consums evitables.

Algunes de les propostes que trobem són:

-  El transport de matèries primeres té un pes massa important en el consum d'energia i generació de CO₂. s'han de buscar alternatives a la procedència de matèries primeres, més properes.
-  La reducció del consum d'aigua, principalment en els procediments de neteja dels tancs. Es proposa de fer ús de tècniques on l'aigua té una pressió elevada als tancs i també als tubs i canonades per millorar l'eficiència de neteja.
-  Coneixement dels consums de quantitats elèctriques, de vapor i d'aigua que es gasten per mitjà de l'instal·lació de comptadors en diversos punts del sistema.

Amb el previ estudi de viabilitat d'aquestes propostes i la seva aplicació, l'empresa podria generar consums més baixos tant d'energia com de aigua, fent el procés més eficient i rentable.

7) BIBLIOGRAFIA

1. **XARXA TEMÀTICA CATALANA D'ACV.** *Llibre didàctic d'anàlisi del cicle de vida* [Fitxer informàtic]. Generalitat de Catalunya. Departament de medi ambient i habitatge.
2. **WIKIPEDIA ENCICLOPEDIA LIBRE.** *Glicerol* [En línia]. Wikimedia foundation, 2007.
<<http://es.wikipedia.org/wiki/Glicerol>> [Consulta: 9 d'Abril de 2007].
3. **WIKILEARNING.** *Glicerina* [En línia]. Wikilearning, 2004.
<<http://www.wikilearning.com/glicerina-wkccp-17537-5.htm>> [Consulta: 9 d'Abril de 2007].
4. **WIKIPEDIA ENCICLOPEDIA LIBRE.** *Ácido esteárico* [En línia]. Wikimedia foundation, 2007.
<http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_este%C3%A1rico> [Consulta: 11 d'Abril de 2007].
5. **AMRAW** *Ácido esteárico* [En línia]. American Raw Internacional de México S.A. de C.V. 2005.
<<http://www.amraw.com.mx/productos/acdestearico.html>> [Consulta: 11 d'Abril de 2007].
6. **BORGES.** *Fabricacion aceite de semillas* [En línia]. Grupo Borges, 2005.
<<http://www.borges.es/borges/sa-indice.php>> [Consulta: 16 d'Abril de 2007].
7. **AGROINFORMACION.** *Extracción del aceite de semillas oleaginosas* [En línia]. Agroinformacion.com, 2004.
<<http://www.agroinformacion.com/leer-contenidos.aspx?articulo=269>> [Consulta: 16 d'Abril de 2007].
8. **DPTO. DE INDUSTRIA, COMERCIO I DESARROLLO, DEL GOBIERNO DE ARAGON; INSTITUT CATALA DE L'ENERGIA (ICAEN), DEL GOVERN DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA; ALTRES.** *Impactos Ambientales de la Producción Eléctrica: Anàlisi de Ciclo de Vida de ocho tecnologías de generación eléctrica.* Madrid: IDEA, 2000.

8) ANNEXES

Annex 1

A continuació es presenten una taula amb les característiques més rellevants del reactor (E.1.70), refinador (E.1.71) i el dipòsit (E.1.72).

Taula 1: Característiques més importants dels tancs obtinguda a partir de taula 2.

Característiques dels tancs	Reactor	Refinador	Escamadora
Volum (m3)	11,25	12	12
Material Construcció	Acer Inoxidable	Acer Inoxidable	Acer Inoxidable
Temperatura màx.	280	180	180
Pressió mín. (mbar)	0	0	0
Pressió màx. (bar)	2	2	3
Recirculació	Si	Si	Si
Proporció de calefacció	1.381.710 kcal/h	293.090 kcal/h	795.530 kcal/h
Proporció de refrigeració	650.000 kcal/h	150.000 kcal/h	400.000 kcal/h
Generació de buit	Si	Si	Si
Càrrega de líquids (m3/h)	25	25	25
Càrrega de sòlids (T/h)	Manual	Manual	Manual

Característiques del filtratge

Tipus	A pressió	A pressió	A pressió
Temperatura Màx.	110	110	110
Àrea de filtre (m2)	35	35	35

Annex 2

Esquema del reactor i del flux d'oli tèrmic entre la caldera i el reactor.

En el diagrama s'observa el circuit que segueix l'oli al llarg de la línia entre la caldera, on és escalfat, fins al reactor on cedeix la calor perquè es desenvolupi la reacció. Més tard serà conduit fins al refrigerador on es refredarà (mitjançant aigua freda) i serà recirculat per fer disminuir la temperatura del reactor.

En la columna de buit i el condensador es separa l'aigua generada a l'interior del tanc, de la glicerina que ella mateixa hagi pogut arrossegar.

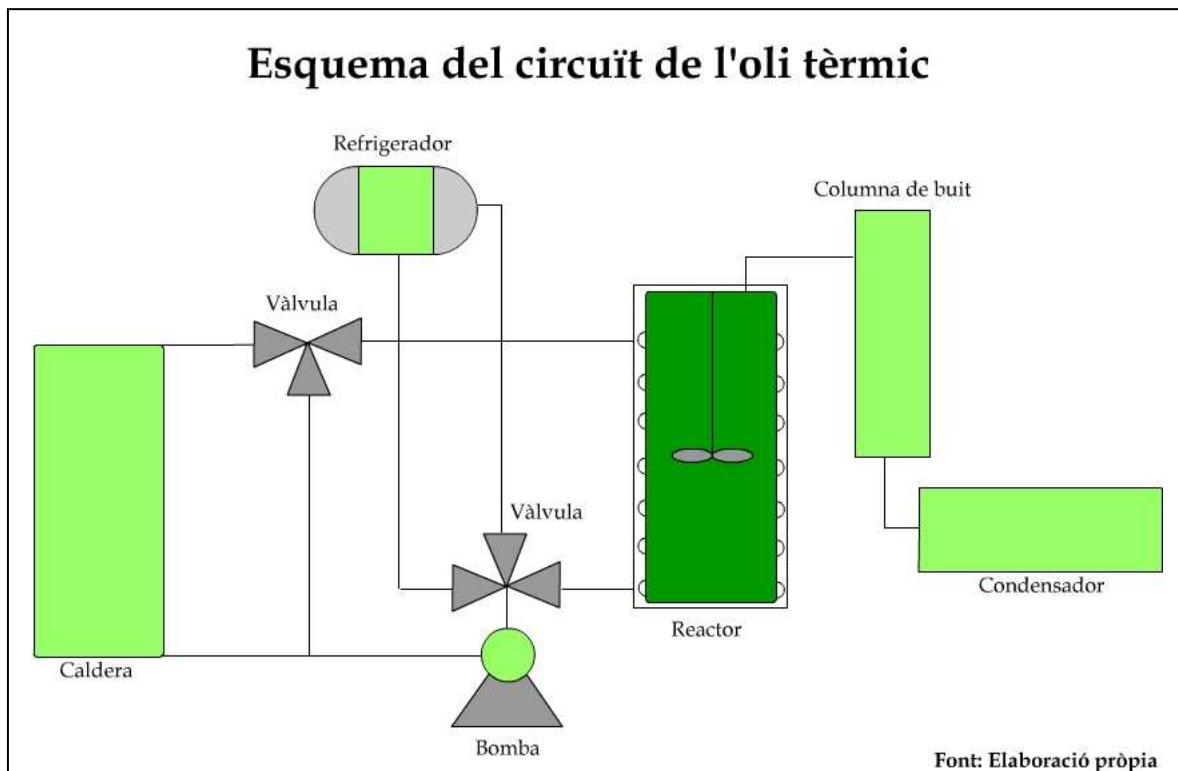


Figura 1: Esquema del procés d'extracció d'olis de llavors i el seu refinament.

Tot seguit es presenten l'esquema del reactor proporcionat per CRODA:

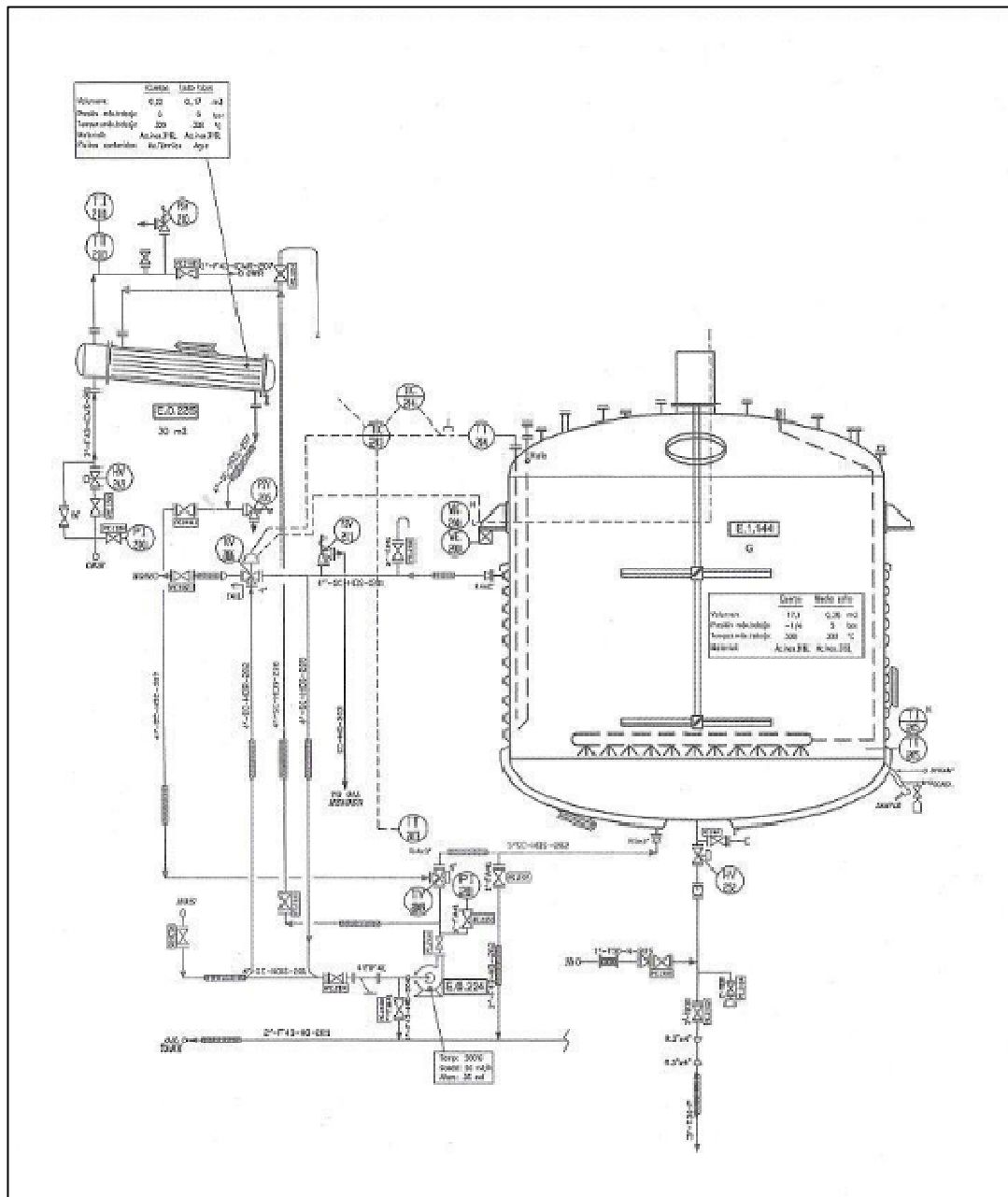


Figura 2: Esquema d'oli tèrmic de la línia MEG-1 de CRODA.

Annex 3

En aquest part de l'annex es presenten els càlculs duts a terme per a calcular l'energia total utilitzada per a l'escalfament i refredament de l'oli tèrmic que circula dins de la camisa del reactor.

Pel que fa al refredament, la calor de l'oli es transmet a l'aigua del refrigerador i per tant es perd.

Volem remarcar que es tracta d'una dada molt aproximada ja que es desconeix el rendiment exacte de la caldera i per tant s'ha omès aquest factor, així com la pèrdua de calor en el sistema de canonades per on circula l'oli tèrmic.

Taula 2: Dades i resultats del calor(kJ) en cada etapa del procés.

	m (kg/m ³)	Cp (kJ/kg ^o K)	ΔT (°K)		Q (kJ)
			T1	T2	
Escalfament 1	38.625,0	1,62	291	333	2.628.045
Càrrega reactor	-	-	-	-	despreciable
Escalfament 2	18.506,3	1,85	333	423	3.081.291
Escalfament 3	38.595,0	2,15	423	503	6.638.340
Reacció	Consum mínim				despreciable
Refredament	71.850,0	1,99	503	333	-24.306.855

Formula emprada en la columna del Calor (Q) de la taula anterior:

$$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta T \Rightarrow Q = m \cdot Cp \cdot (T_2 - T_1)$$

La massa (m) ha estat calculada a partir de cada temps previst per etapa i multiplicada pel cabal que transvasa la bomba d'oli tèrmic, el qual hem considerat que era de 25m³/h, i per la densitat de l'oli segons la seva temperatura.

Taula 3: Mitjanes de densitat i capacitat calorífica en cada etapa.

	Mitjanes	
	Densitat	Cp
Escalfament 1	103	1,62
Càrrega reactor	-	-
Escalfament 2	987	1,85
Escalfament 3	930	2,15
Reacció	-	-
Refredament	958	1,99

Energia emprada en l'escalfament del reactor = 12.347.676 KJ = 3429,91 kwh

Annex 4

Hipoclorit Sòdic - NaClO

Al sistema entren 24,2 kg de NaClO diluïts amb una concentració de 50g/l, tenint en compte que cada kg de NaClO al 15% en H₂O suposa l'emissió de 0,834 kg de CO₂:

$$24,2kgNaClO \times \frac{1l}{1,1kgNaClO} \times \frac{50gNaClO}{1l} \times \frac{1kg}{1000g} = 1,1kgNaClO$$

$$1kgNaClO \times \frac{0,834kgCO_2}{0,15kgNaClO} = 5,56kgCO_2$$

$$1,1kgNaClO \times \frac{5,56kgCO_2}{1kgNaClO} = 6,17kgCO_2$$

Sulfat de Sodi - Na₂SO₄

Al sistema entren 12 kg de Na₂SO₄, tenint en compte que 1 kg de Na₂SO₄ equival a 0,439kg de CO₂:

$$12kgNa_2SO_4 \times \frac{0,439kgCO_2}{1kgNa_2SO_4} = 5,268kgCO_2$$

Hidròxid de Sodi - NaOH

Al sistema entren 10 kg de NaOH cada cop que es renta un tanc. Si la neteja es fa pels tres tancs i sabem que 1 kg de NaOH equival a 2kg de CO₂:

$$10kg \times 3 = 30kg$$

$$30kgNaOH \times \frac{2kgCO_2}{1kgNaOH} = 60kgCO_2$$

Nitrogen - N₂

En condicions estàndard 1 kg d'un gas, en aquest cas nitrogen, equival a 22,4 l de volum.

$$1lN_2 \times \frac{1kgN_2}{22,4lN_2} = 0,045kgN_2$$

EN EL REACTOR

El flux d'entrada és de 10.500l, i si sabem que 1kg de N₂ equival a 0,296 kg de CO₂:

$$10500lN_2 \times \frac{0,045kgN_2}{1lN_2} = 472,5kgN_2$$

$$472,5kgN_2 \times \frac{0,296kgCO_2}{1kgN_2} = 139,86kgCO_2$$

EN EL REFINADOR

El flux d'entrada és de 6.000l, i si sabem que 1kg de N₂ equival a 0,296 kg de CO₂:

$$6000lN_2 \times \frac{0,045kgN_2}{1lN_2} = 270kgN_2$$

$$270kgN_2 \times \frac{0,296kgCO_2}{1kgN_2} = 79,92kgCO_2$$

PROCEDIMENT DE NETEJA

El flux d'entrada de N₂ és de 1.000 l/h i si sabem que la neteja es realitza pel reactor i pel refinador, el flux total són 2.000 l/h.

$$2000lN_2 \times \frac{0,045kgN_2}{1lN_2} = 90kgN_2$$

$$90kgN_2 \times \frac{0,296kgCO_2}{1kgN_2} = 26,64kgCO_2$$

Annex 5

Fent referència al que es descriu en l'apartat d'emissions de CO₂ pel transport de matèries primeres, també es presenten altres índexs d'impacte (segons dades de SimaPro; CML 2 baseline 2000 V2.03 / World, 1990).

Taula 4: Anàlisi d'1 km de transport de camió de 28 T buit.

Categoria d'impacte	Unitat	Electricitat MV usats en la E U
reducció abiòtica	kg Sb eq	0,00609
escalfament global	kg CO ₂ eq	0,961
reducció de la capa d'ozó	kg CFC - 11 eq	0,000000144
toxicitat humana	kg 1,4 - DB eq	0,118
ecotoxicitat d'aigua dolça	kg 1,4 - DB eq	0,00112
ecotoxicitat d'aigua marina	kg 1,4 - DB eq	62
ecotoxicitat terrestre	kg 1,4 - DB eq	0,000787
oxidació fotoquímica	kg C ₂ H ₄	0,000125
eutrofització	kg SO ₂ eq	0,00524
acidificació	kg PO ₄ eq	0,00113

Taula 5: Anàlisi d'1 km de transport de camió de 28 T plè (amb 16 T).

Categoria d'impacte	Unitat	Electricitat MV usats en la E U
reducció abiòtica	kg Sb eq	0,00787
escalfament global	kg CO ₂ eq	1,24
reducció de la capa d'ozó	kg CFC - 11 eq	0,000000187
toxicitat humana	kg 1,4 - DB eq	0,146
ecotoxicitat d'aigua dolça	kg 1,4 - DB eq	0,0139
ecotoxicitat d'aigua marina	kg 1,4 - DB eq	80
ecotoxicitat terrestre	kg 1,4 - DB eq	0,000954
oxidació fotoquímica	kg C ₂ H ₄	0,000151
eutrofització	kg SO ₂ eq	0,00694
acidificació	kg PO ₄ eq	0,00151

Taula 6: Anàlisi d'1kwh d'energia al tren.

Categoria d'impacte	Unitat	Electricitat MV usats en la E U
reducció abiòtica	kg Sb eq	0,00571
escalfament global	kg CO2 eq	0,823
reducció de la capa d'ozó	kg CFC - 11 eq	5,43E-08
toxicitat humana	kg 1,4 - DB eq	0,134
ecotoxicitat d'aigua dolça	kg 1,4 - DB eq	0,0196
ecotoxicitat d'aigua marina	kg 1,4 - DB eq	384
ecotoxicitat terrestre	kg 1,4 - DB eq	0,00165
oxidació fotoquímica	kg C2H4	0,00022
eutrofització	kg SO2 eq	0,00539
acidificació	kg PO4 eq	0,000227

Taula 7: Anàlisi d' 1Tkm pel tren.

Categoria d'impacte	Unitat	Electricitat MV usats en la E U
reducció abiòtica	kg Sb eq	0,0000243
escalfament global	kg CO2 eq	0,00396
reducció de la capa d'ozó	kg CFC - 11 eq	4,95E-10
toxicitat humana	kg 1,4 - DB eq	0,00102
ecotoxicitat d'aigua dolça	kg 1,4 - DB eq	0,000163
ecotoxicitat d'aigua marina	kg 1,4 - DB eq	0,938
ecotoxicitat terrestre	kg 1,4 - DB eq	0,0000492
oxidació fotoquímica	kg C2H4	0,00000805
eutrofització	kg SO2 eq	0,0000284
acidificació	kg PO4 eq	0,00000566