



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial

Anàlisi i caracterització d'instruments d'endoscòpia d'un sol
ús per a la determinació de la petjada de carboni

Treball Fi de Màster

Màster Universitari en Enginyeria Biomèdica

AUTOR/A: Abril Peso, Ana María

Tutor/a: Vilariño Feltrer, Guillermo

Cotutor/a: Tort Ausina, Isabel

Director/a Experimental: MARTIN CABEZUELO, RUBEN

CURS ACADÈMIC: 2022/2023



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR ENGINYERIA
INDUSTRIAL VALÈNCIA

TREBALL FINAL DE MÀSTER EN ENGINYERIA BIOMÈDICA

**ANÀLISI I CARACTERITZACIÓ
D'INSTRUMENTS D'ENDOSCÒPIA D'UN SOL
ÚS PER A LA DETERMINACIÓ DE LA PETJADA
DE CARBONI**

AUTOR: ANA MARÍA ABRIL PESO

TUTOR: GUILLERMO VILARIÑO FELTRER i ISABEL TORT AUSINA

COTUTOR: RUBÉN MARTÍN CABEZUELO

Curs Acadèmic: 2022-2023

*“Gràcies a la meua família per
donar-me les forces per seguir endavant,
i en especial als meus tutors Guillermo, Isa i Rubén
per la confiança i el suport constant”*

A.

RESUM

Degut a la pandèmia de la COVID-19 s'ha incrementat la utilització de materials d'un sol ús en les pràctiques mèdiques, provocant com a conseqüència un augment desenfrenat de residus, que afecten negativament al medi ambient. D'entre les pràctiques mèdiques que generen més residus està la endoscòpia gastrointestinal, ja que requereix d'una quantitat considerable d'instruments i subministres d'un sol ús. La informació de la composició d'aquests materials no solen estar a disposició del consumidor pel que estimar l'impacte ambiental d'aquests instruments resulta difícil. Per aquesta raó l'objectiu del present projecte es analitzar la composició d'aquests materials mitjançant tècniques de caracterització tèrmica i química, i determinar d'aquesta forma la seua petjada de carboni. La caracterització tèrmica s'ha realitzat fent ús de les tècniques TGA i DSC, i la part de caracterització química per mitjà de les tècniques FTIR i EDX. Per a determinar la petjada de carboni s'ha fet ús del software lliure OpenLCA, que permet calcular el cicle de vida d'un producte gràcies a la seua arquitectura oberta que facilita la incorporació i exportació de dades mitjançant diverses biblioteques gratuïtes. Els principals resultats que s'han obtingut mostren que la major part dels components que formen els utilitatges són plàstics, la major part sent PTFE, un dels més contribuents a la quantitat de CO₂ de la petjada de carboni d'aquests.

Així aquest estudi pretén que les diverses institucions sanitàries poden prendre consciència tant de la despesa econòmica com l'impacte ambiental que produïxen aquests materials i en conseqüència triar opcions més sostenibles en ambdós aspectes.

Paraules clau: petjada de carboni; cicle de vida; instruments biomèdics; biomaterials; economia circular, caracterització.

RESUMEN

Debido a la pandemia de la COVID-19 se ha incrementado la utilización de materiales desechables en las prácticas médicas, provocando como consecuencia un aumento desenfrenado de residuos, que afectan negativamente al medio ambiente. Entre las prácticas médicas que generan más residuos está la endoscopia gastrointestinal, ya que requiere de una cantidad considerable de instrumentos y suministros desechables. La información de la composición de estos materiales no suele estar a disposición del consumidor por lo que estimar el impacto ambiental de estos instrumentos resulta difícil. Por esta razón el objetivo del presente proyecto es analizar la composición de estos materiales mediante técnicas de caracterización térmica y química, y determinar de esta forma su huella de carbono. La caracterización térmica se ha realizado haciendo uso de las técnicas TGA y DSC, y la parte de caracterización química por medio de las técnicas FTIR y EDX. Para determinar la huella de carbono se ha utilizado el software libre OpenLCA, que permite calcular el ciclo de vida de un producto, gracias a su arquitectura abierta, que facilita la incorporación y exportación de datos mediante diversas bibliotecas gratuitas. Los principales resultados que se han obtenido muestran que la mayor parte de los componentes que forman los utillajes son plásticas, siendo PTFE el protagonista, uno de los más contribuyentes a la cantidad de CO₂ de la huella de carbono de estos.

Así este estudio pretende que las diversas instituciones sanitarias pueden tomar conciencia tanto del gasto económico como del impacto ambiental que producen estos instrumentos y en consecuencia elegir opciones más sostenibles en ambos aspectos.

Palabras clave: huella de carbono; ciclo de vida; instrumentos biomédicos; biomateriales; economía circular, caracterización.

ABSTRACT

Due to the COVID-19 pandemic, the use of single-use materials in medical practices has increased, resulting in an unbridled increase in waste, which negatively affects the environment. Among the medical practices that generate the most waste is gastrointestinal endoscopy, since it requires a considerable number of instruments and disposable supplies. The information on the composition of these materials is not usually available to the consumer, so estimating the environmental impact of these instruments is difficult. For this reason, the objective of this project is to analyze the composition of these materials through thermal and chemical characterization techniques, and thus determine their carbon footprint. The thermal characterization has been carried out using the TGA and DSC techniques, and the chemical characterization part through the FTIR and EDX techniques. To determine the carbon footprint, the free software OpenLCA has been used, which allows calculating the life cycle of a product thanks to its open architecture that facilitates the incorporation and export of data through several free libraries. The main results obtained show that most of the components that make up the tools are plastic, most of them being PTFE, one of the most contributing to the amount of CO₂ of their carbon footprint.

Thus, this study aims that the various health institutions can become aware of both the economic expenditure and the environmental impact produced by these materials and consequently choose more sustainable options in both aspects.

Keywords: carbon footprint; life cycle; biomedical instruments; biomaterials; circular economy, characterization.

ÍNDIX

DOCUMENT 1: MEMÒRIA.....	18
1. INTRODUCCIÓ	19
1.1. INSTRUMENTS BIOMÈDICS.....	19
1.1.1. ENDOSCOPIES.....	20
1.1.1.1. ENDOSCOPIES D'UN SOL ÚS I REUTILITZABLES	22
1.1.2. UTILLATGES.....	24
1.1.2.1. FÒRCEPS.....	24
1.1.2.2. HEMOCLIPS	24
1.1.2.3. SNARES.....	25
1.1.3. GESTIÓ DE RESIDUS HOSPITALARIS	25
1.1.4. DETERMINACIÓ DE LA PETJADA DE CARBONI	26
2. OBJECTIUS	27
2.1. MOTIVACIÓ.....	27
3. MATERIALS I MÈTODES	29
3.1. PREPARACIÓ I CLASSIFICACIÓ DE MOSTRES.....	29
3.2. CARACTERITZACIÓ TÈRMICA MITJANÇANT EL ANÀLISIS TERMOGRAVIMÈTRIC (TGA) I LA CALORIMETRIA DIFERENCIAL D'ESCOMBRATGE (DSC)	30
3.2.1. ANÀLISIS TERMOGRAVIMÈTRIC (TGA)	30
3.2.2. CALORIMETRIA DIFERENCIAL D'ESCOMBRATGE (DSC)	32
3.3. CARACTERITZACIÓ FÍSICOQUÍMICA MITJANÇANT LA ESPECTROSCÒPIA DE INFRAROJOS PER TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR) I LA ESPECTROSCÒPIA DE RAJOS X (EDX).....	33
3.3.1. ESPECTROSCÒPIA D'INFRAROJOS PER TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR).....	33
3.3.2. ESPECTROSCÒPIA DE RAJOS X (EDX)	35
4. RESULTATS I CARACTERITZACIÓ.....	37
4.1. ESTUDI DE LES CARACTERÍSTIQUES TÈRMiques	37
4.2. ESTUDI DE LES CARACTERÍSTIQUES FÍSICOQUÍMIQUES.....	45
4.4. CÀLCUL DE LA PETJADA DE CARBONI EN OPENLCA	53
4.4.1. VISTA DEL SOFTWARE OPENLCA	54
4.4.2. PETJADA DE CARBONI GENERADA PER LA FABRICACIÓ DELS DIFERENTS UTILLATGES	56
5. CONCLUSIONS	64
6. TREBALL EN PROCÉS I FUTUR	65
7. BIBLIOGRAFIA	66
8. ANNEXOS	68

8.1. ANNEX I. RELACIÓ DEL TREBALL FI DE MÁSTER AMB ELS OBJECTIUS DE DESENVOLUPAMENT SOSTENIBLE DE L'AGENDA 2030	68
DOCUMENT 2: PRESSUPOST	70
ÍNDEX.....	71
1. ABAST I DESENVOLUPAMENT DEL PRESSUPOST	72
1.1. QUADRE DE PREUS DE RECURSOS PER CLASSE	72
1.2. QUADRE DE MEDIACIONS I PRESSUPOST.....	74
1.3. QUADRE DE PRESSUPOST RESUMIT	79
1.4. QUADRE DE RESUM DE CAPÍTOLS.....	80

ÍNDIX DE FIGURES

<i>Figura 1. Components reals d'un endoscopi: 1) connector; 2) secció de flexió; 3) extrem distal; 4) secció de inserció; y 5) secció de control (De Groen, 2017).</i>	21
<i>Figura 2. Extrem distal del tub de inserció (Asociaci et al., 2002)</i>	21
<i>Figura 3. Components d'un sistema d'endoscòpia: 1) Monitor LCD; 2) Centre de processament d'imatges i bombes de aigua y CO2; 3) Centre de processament de vídeo; 4) Subministrament de llum (De Groen, 2017).</i>	22
<i>Figura 4. Secció de control d'un endoscopi rígid (Asociaci et al., 2002).</i>	22
<i>Figura 5. Endoscopi d'un sol ús.</i>	23
<i>Figura 6. (a) Pinça de biòpsia plana; (b) Pinça de biòpsia serrada ("Material Auxiliar En Endoscopia Digestiva," 2003).</i>	24
<i>Figura 7. Clip endoscòpic (Instinct, 2002)</i>	24
<i>Figura 8. Anses de poliectomia ("Material Auxiliar En Endoscopia Digestiva," 2003).</i>	25
<i>Figura 9. Poliectomia simple ("Material Auxiliar En Endoscopia Digestiva," 2003).</i>	25
<i>Figura 10. Etapes del Anàlisi del Cicle de Vida d'un producte</i>	26
<i>Figura 11. Separació mecànica i classificació de part plàstica</i>	29
<i>Figura 12. Neteja de les parts metàl·liques dels utilatges.</i>	30
<i>Figura 13. Equip d'Anàlisi Termogravimètric (TGA).</i>	31
<i>Figura 14. Exemple de termograma d'un polímer (Llorente Uceta, Miguel Ángel; Horta Zubiaga, 1991).</i>	32
<i>Figura 15. Equip de Calorimetria Diferencial D'escombratge (DSC).</i>	33
<i>Figura 16. Bruker FTIR Alpha Espectrofotòmetre (Espectrómetro Compacto FTIR Alpha Bruker).</i>	34
<i>Figura 17. Microscòpic Electronic de Escombratge (SEM).</i>	35
<i>Figura 18. Mostres metàl·liques disposades segons altura i tamany.</i>	36
<i>Figura 19. Àrea seleccionada per a l'anàlisi elemental d'una mostra (A) i elements químics de la mostra (B).</i>	36
<i>Figura 21. Exemple de gràfica DSC.</i>	41
<i>Figura 22. Exemple d'espectre FTIR.</i>	45
<i>Figura 23. Vista inicial del OpenLCA</i>	54
<i>Figura 24. Creació del procés de fabricació.</i>	55
<i>Figura 25. Sistema de producte.</i>	55
<i>Figura 26. Propietats del càlcul.</i>	56

Figura 27. Resultat de la petjada de carboni en OpenLCA. 56

ÍNDIX DE TAULES

<i>Taula 1. Resultats TGA dels Snares.</i>	38
<i>Taula 2. Resultats TGA dels Hemoclips.</i>	39
<i>Taula 3. Resultats TGA dels Fòrceps.</i>	40
<i>Taula 4. Resultats DSC dels Snares.</i>	42
<i>Taula 5. Resultats DSC dels Hemoclips.</i>	43
<i>Taula 6. Resultats DSC dels Fòrceps.</i>	44
<i>Taula 7. Resultats FTIR dels Snares.</i>	46
<i>Taula 8. Resultats FTIR per als Hemoclips.</i>	47
<i>Taula 9. Resultats FTIR dels Fòrceps.</i>	48
<i>Taula 10. Resultats EDX per als Snares.</i>	49
<i>Taula 11. Resultats EDX per als Hemoclips.</i>	50
<i>Taula 12. Resultats EDX per als Fòrceps.</i>	50
<i>Taula 13. Determinació dels materials polimèrics.</i>	51
<i>Taula 14. Determinació del material metàl·lic.</i>	52
<i>Taula 15. Petjada de carboni de Snares.</i>	57
<i>Taula 16. Petjada de carboni de Hemoclips.</i>	59
<i>Taula 17. Petjada de carboni per a Fòrceps.</i>	60

ÍNDIX DE GRÀFIQUES

<i>Gràfica 1. Temperatures de degradació de la mostra A2.3.</i>	<i>37</i>
<i>Gràfica 2. Comparativa dels materials de fabricació dels utillatges en %.</i>	<i>53</i>
<i>Gràfica 3. Resultat gràfic de la petjada de carboni generada per cada material per al S1.</i>	<i>57</i>
<i>Gràfica 4. Resultat gràfic de la petjada de carboni generada per cada material per a S2.</i>	<i>58</i>
<i>Gràfica 5. Resultat gràfic de la petjada de carboni generada per cada material per a S3.</i>	<i>58</i>
<i>Gràfica 6. Resultat gràfic de la petjada de carboni generada per cada material per a H1.</i>	<i>59</i>
<i>Gràfica 7. Resultat gràfic de la petjada de carboni generada per cada material per al H2.....</i>	<i>59</i>
<i>Gràfica 8. Resultat gràfic de la petjada de carboni de cada material per a F1.</i>	<i>60</i>
<i>Gràfica 9. Resultat gràfic de la petjada de carboni de cada material per a F2.</i>	<i>61</i>
<i>Gràfica 10. Resultat gràfic de la petjada de carboni de cada material per a F3.</i>	<i>61</i>
<i>Gràfica 11. Petjada de carboni dels utillatges segons materials de fabricació.</i>	<i>62</i>
<i>Gràfica 12. Comparativa global de kgCO₂eq generada per cada utillatge.</i>	<i>62</i>

DOCUMENT 1: MEMÒRIA

1. INTRODUCCIÓ

1.1. INSTRUMENTS BIOMÈDICS

Als últims anys, la instrumentació biomèdica ha experimentat un canvi revolucionari en diversos aspectes. El més característic és la forma com aquests instruments han passat de ser grans y aparatosos a cada vegada ser més portàtils, menuts i menys pesats. A més, gràcies a la tecnologia sense fil molts d'aquests instruments són fabricats per ser compatibles amb altres dispositius mèdics i, per que puguen connectar-se mitjançant *Bluetooth* o via *WiFi*. Aquest aspecte es el que permet que la instrumentació biomèdica cada vegada guanye més potencial en l'àmbit mèdic, facilitant així que l'atenció mèdica siga més accessible per a tots, a més de suposar una reducció de costos (Arney et al., 2011).

D'aquesta manera, la instrumentació biomèdica actual es defineix com una extensió de la enginyeria biomèdica, on el seu objectiu principal es estudiar i definir com la electrònica pot mesurar els paràmetres físics i millorar així l'atenció mèdica. Dins d'aquest àmbit existeixen gran quantitat i tipus d'instruments biomèdics que van des de grans dispositius com poden ser les màquines de imatges per ressonància magnètica (RMI) fins a dispositius més menuts com marcapassos, bombes de fusió o endoscopis (Hemalatha et al., 2019).

Tots aquests dispositius han de comptar amb una regulació específica per a poder eixir al mercat, ja que en estar en contacte directe amb el pacient mitjançant tècniques mínimament invasives, han de ser fabricats amb la màxima seguretat i eficàcia per tal d'evitar qualsevol risc.

De forma indirecta aquests instruments generen gran quantitat de residus en la seua gestió i eliminació, provocant un gran impacte ambiental i afectant de manera directa a la sostenibilitat econòmica i social (Arun Kumar, 2021).

Fins ara no s'havia donat importància a la quantitat de residus que generen les institucions mèdiques, com hospitals o centres sanitaris. Però amb la 26^a Cima de les Nacions Unides sobre el Canvi climàtic s'ha evidenciat que la majoria d'aquets residus mèdics generats provenen d'instruments mèdics d'un sol ús, que se eliminen mitjançant la incineració o tirant-los a abocadors (Agrawal & Tang, 2021). A més, amb la arribada de la pandèmia de la COVID-19, aquestes activitats d'eliminació han augmentat com a conseqüència de evitar més contagis i de la necessitat de tindre qualsevol instrumentació ben desinfectada. Es una evidència que el canvi climàtic té implicacions de forma directa sobre la salut humana, raó per la qual es de vital importància reduir els impactes ambientals, sobre tot de la industria mèdica (Arun Kumar, 2021). Aquestes implicacions directes sobre la salut humana es poden traduir en els canvis extrems de temperatures, la qualitat de les aigües i l'aire, així com la sostenibilitat de les plantacions agràries.

Tots aquests impactes ambientals es van definir com a objectius a complir en la agenda 2030 per al Desenvolupament Sostenible (Baeyens & Goffin, 2015). Aquests van ser establits per el líders mundials com a resposta per a frenar el canvi climàtic i construir, en la mesura que siga possible, un món més "verd". En total es tracta de dèsset objectius, dels quals s'ha donat més importància a l'anomenat 'Assegurar patrons de consum i producció sostenible', objectiu principal del present treball (United Nations, 2020).

Amb la arribada de la pròxima agenda 2030 per al Desenvolupament Sostenible, les institucions sanitàries han començat a realitzar diversos estudis que evidencien que tant la fabricació de dispositius mèdics com la seua eliminació han contribuït en els últims anys a les emissions de gases d'efecte hivernacle, sent el sector de salut un dels principals responsables de la crisi climàtica (major amenaça del segle XXI a la salut) (Karlner et al., 2019). Per a tindre una visió més clara d'aquesta problemàtica, la petjada climàtica del sector de la salut equivaldria a les emissions anuals d'aquests gases de 514 centrals elèctriques de carbó. Un estudi realitzat pel Servei Nacional de Salut del Regne Unit va evidenciar que inclús abans de la pandèmia ja sabia quantificat que les emissions derivades d'aquests equips se estimaven al voltant de 2,5 MtCO² del 10% total de les emissions generals pel mateix Servei Nacional de Salut. Espanya es situa en el 16^è país que més emissions generen derivades del sector salut, amb un 16,72 (MtCO²eq) d'emissions netes, que equivaldria a 4 centrals elèctriques de carbó en un any (Del et al., 2019).

Una de les causes principals d'aquestes emissions es deu a l'augment en la utilització de instrumentació mèdica d'un sol ús (Arun Kumar, 2021), remarcant la importància actual de la realització d'aquest treball final de màster amb les seues implicacions directes amb la problemàtica de avui en dia.

1.1.1. ENDOSCOPIS

Dins de la instrumentació mèdica abans mencionada, el endoscopis formen part d'aquesta problemàtica ambiental i econòmica que suposa la fabricació i utilització de dispositius mèdics d'un sol ús.

Els endoscopis son dispositius mèdics que van sorgir de la necessitat de poder visualitzar cavitats u òrgans corporals que no podien examinar-se d'una altra manera i que no suposara realitzar incisions per a accedir a ells. La entrada per orificis naturals (boca i anus), resultava una forma segura i eficaç que disminuïa el risc d'infecció i en conseqüència, de mort, ja que antigament les infeccions eren una de les principals causes de mortalitat de la població. Al voltant del any 2000, quasi totes les inspeccions d'òrgans que no portaven sang s'inspeccionaven mitjançant endoscopis (De Groen, 2017).

Qualsevol procediment que utilitze algun tipus d'endoscopi es denomina endoscòpia. Aquest procediment mèdic és diferent als estudis per imatge, com poden ser les radiografies o les tomografies per computadora, on no es requereix la introducció de un instrument per obtenir imatges del interior del cos.

Els endoscopis varien en longitud i forma, segons el procediment que es vaja a realitzar i la complexitat corporal del pacient. Es poden trobar de tres tipus: flexibles, rígids, i en forma de càpsula, que es poden ingerir i transmetre imatges de forma sense fil.

La majoria dels endoscopis rígids son reutilitzables i estan formats principalment per cinc seccions ben diferenciades: inserció, connector, flexió, extrem distal, i de control (De Groen, 2017).

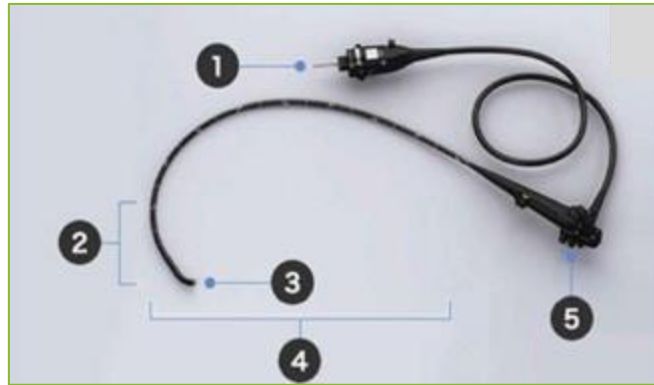


Figura 1. Components reals d'un endoscopi: 1) connector; 2) secció de flexió; 3) extrem distal; 4) secció de inserció; y 5) secció de control (De Groen, 2017).

La secció d'inserció, com es pot observar en la Figura 2 és la que s'introdueix en la cavitat per a observar l'interior del pacient, i es possiblement de les més importants (De Groen, 2017). Consta de diferents compartiments, tal i com es pot veure anomenats en la Figura 2. Hi ha que destacar que no tots el endoscopi compten amb el mateix nombre de canals, ja que hi ha molts tipus i depèn del procediment a realitzar.

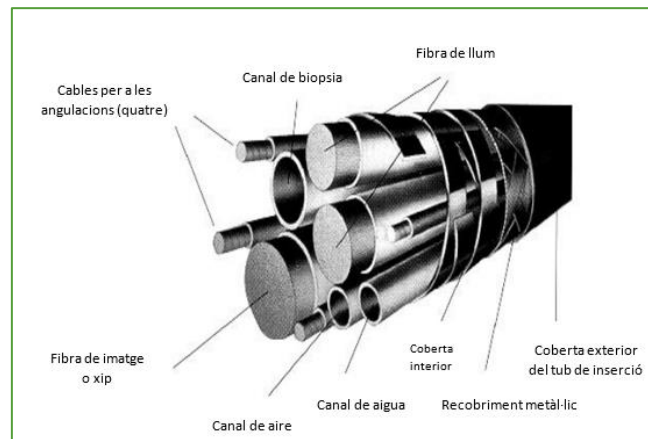


Figura 2. Extrem distal del tub de inserció (Asociaci et al., 2002)

La secció del connector va enganxada al sistema d'endoscòpia, que compta amb diferents parts tal i com es pot observar en la Figura 3. D'aquestes parts la més destacada son les bombes d'aigua i CO2 que el personal mèdic acciona amb un pedal per facilitar la intervenció.

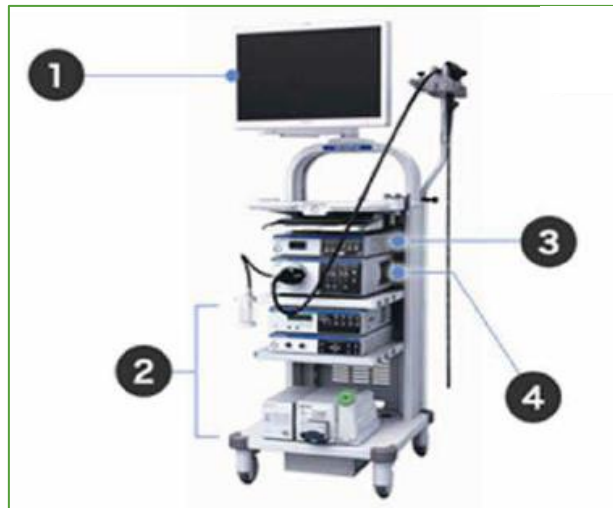


Figura 3. Components d'un sistema d'endoscòpia: 1) Monitor LCD; 2) Centre de processament d'imatges i bombes de aigua y CO2; 3) Centre de processament de vídeo; 4) Subministrament de llum (De Groen, 2017).

Per últim, la secció de control es aquella que el personal mèdic manipula en les intervencions endoscòpiques i la que permet moure l'endoscopi al llarg de les diferents cavitats u òrgans que es vulguen observar. D'aquesta forma el mànec està format per dos rodes, que mouen l'extrem distal de l'endoscopi, i diferents ambdós botons que controlen les bombes d'aigua i CO2 (De Groen, 2017).

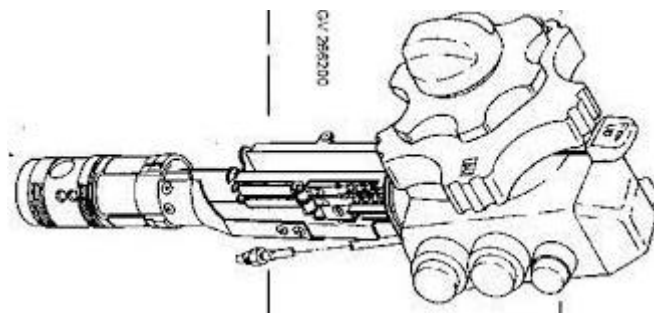


Figura 4. Secció de control d'un endoscopi rígid (Asociaci et al., 2002).

1.1.1.1. ENDOSCOPIES D'UN SOL ÚS I REUTILITZABLES

Els endoscòpis d'un sol ús es caracteritzen principalment perquè són menys pesats i més manejables que un reutilitzable (Agrawal & Tang, 2021). Compten amb menys canals de treball i la majoria estan fets de plàstic per poder tirar-los una vegada ha terminat la intervenció. No obstant això, no es poden reciclar perquè no tots els components tenen determinat el seu material de procedència.

Aquests instruments van sorgir degut a la preocupació que va créixer en relació amb la transmissió d'infeccions amb els endoscòpis reutilitzables. Inicialment, i des de fa dècades, el concepte de "material mèdic d'un sol ús" es va limitar per a articles menuts i econòmics, parts dels quals estaven en contacte directe amb el pacient, com poden ser els guants quirúrgics, agulles i xeringues. No obstant

això, aquest concepte ha derivat a instruments més grans i costosos com instruments de cirurgia i engrapadores, entrant en aquest sector els endoscòpis d'un sol ús (Agrawal & Tang, 2021).

S'han realitzat diversos estudis que han tret a la llum casos de grups d'infeccions amb bacteries multiresistents en duodenoscòpis contaminats a pesar de haver estat sotmesos a una desinfecció d'alt nivell com se'ls exigeix. Els estudis realitzats van demostrar que la major part de la contaminació residual detectada es trobava en els extrems distals d'aquests. Els endoscòpis presenten en aquesta secció una tapa de goma adherida als components metàl·lics per evitar lesions en els teixits interns, a les ranures i juntes de les quals es podrien haver allotjat els microorganismes patògens (Agrawal & Tang, 2021).

A més, el risc de infecció causada per la pandèmia de la COVID-19 ha incrementat la compra i utilització d'aquest tipus d'instruments, posant en el punt de mira la determinació econòmica i ambiental de seguir duent a terme aquestes pràctiques mèdiques (Agrawal & Tang, 2021).

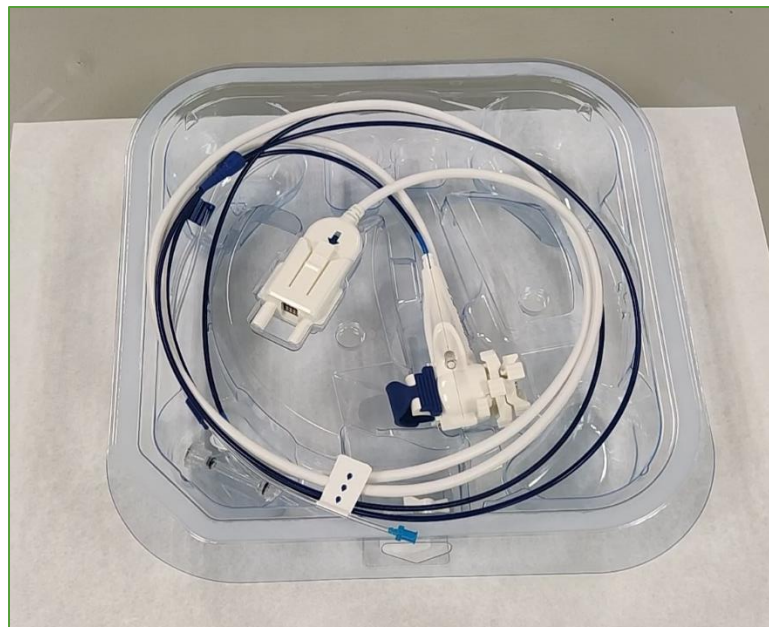


Figura 5. Endoscopi d'un sol ús.

Per aquesta raó es posa de manifest la problemàtica de la sostenibilitat al voltant dels instruments d'un sol ús. Entenent per sostenibilitat “el desenvolupament que satisfaci les necessitats de les generacions actuals sense comprometre la capacitat de les generacions futures per a satisfer les seues pròpies necessitats” (Agrawal & Tang, 2021). Moltes institucions mèdiques han reconegut i evidenciat que el canvi climàtic està directament relacionat amb la salut de les persones. Sempre s'ha fixat la vista en les grans indústries de petroli o automobilístiques quan es tracta del canvi climàtic, però recentment han sorgit informes que demostren que la indústria global de la salut es responsable de quasi el 4,4% de les emissions de gasos de efecte hivernacle (Karlner et al., 2019), sent les especialitats de cirurgia i endoscòpia les principals contribuents a aquest impacte amb els residus que generen.

1.1.2. UTILLATGES

Els utillatges son una part molt important de les tècniques endoscòpiques, ja que son les ferramentes necessàries per a poder realitzar els diferents procediments. Aquests instruments son d'un sol ús i existeixen diferents tipus depenent del tipus d'intervenció que es vaja a realitzar.

Podem trobar des de pinces, clips i tisores, fins a ases polipectòmiques, bandes elàstiques i agulles. Els utillatges més significatius són els que es presenten a continuació.

1.1.2.1. FÒRCEPS

Les pinces de biòpsia o fòrceps s'utilitzen per a obtenir mostres de teixit i podem trobar diversos tipus depenent de la seua funció i/o aplicació, com fòrceps amb copes planes o en forma de serra, tal i com es pot observar en la Figura 6.

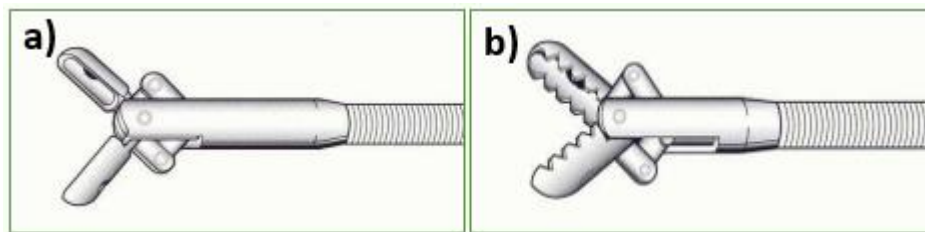


Figura 6. (a) Pinça de biòpsia plana; (b) Pinça de biòpsia serrada ("Material Auxiliar En Endoscopia Digestiva," 2003).

1.1.2.2. HEMOCLIPS

Els clips endoscòpics o Hemoclips son dispositius mèdics fabricats en acer formats per dos pales, amb apertura variable i amb capacitat de rotació. S'utilitzen principalment en el tractament de la hemorràgia digestiva alta (HDA) i la seua forma de fabricació esta pensada per a impedir que la seua interacció amb el sistema digestiu produïska reacció inflamatòria o dany tissular en les intervencions (Rivero Fernández et al., 2010).



Figura 7. Clip endoscòpic (Instinct, 2002)

1.1.2.3. SNARES

Les anses de polipectomia o snares estan fabricades en acer quirúrgic, de la mateixa manera que els utillatges que hem vist. Aquests instruments s'utilitzen de forma rutinària en qualsevol sala d'endoscòpia i el seu funcionament consisteix en enllaçar un pòlip amb el ansa, be mitjançant corrent elèctric o simplement tirant d'aquest extirpar-lo (Figura 9) ("Material Auxiliar En Endoscopia Digestiva," 2003). En la Figura 8 es poden observar diferents exemples de anses.

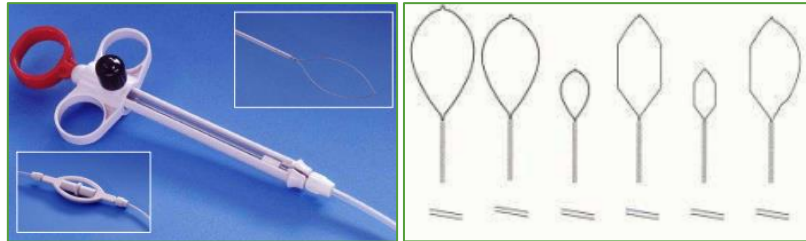


Figura 8. Anses de poliectomia ("Material Auxiliar En Endoscopia Digestiva," 2003).

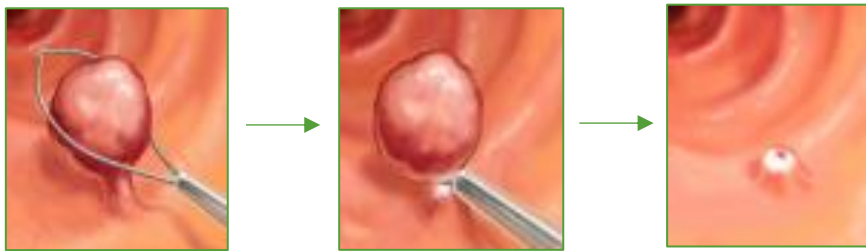


Figura 9. Poliectomia simple ("Material Auxiliar En Endoscopia Digestiva," 2003).

1.1.3 GESTIÓ DE RESIDUS HOSPITALARIS

En aspectes generals, la gestió dels residus hospitalaris engloba els processos i procediments a seguir per a la recollida, transport, tractament i disposició dels residus generats en entorns com a hospitals, clíniques o centres d'atenció primària. Aquests residus poden incloure deixalles biològiques, químics o fins i tot instruments quirúrgics, que requereixen ser manejats de manera especial per a la salut pública i el medi ambient.

Dins de la totalitat de residus hospitalaris que podem trobar, els d'un sol ús, coneguts també com productes sanitaris de classe IIa (Ue et al., 2017) són aquells que poden ser potencialment infecciosos i perillosos per a la salut pública, com poden ser els instruments quirúrgics; forceps, hemoclips i snares, ja que estan en contacte amb teixits i mucoses humanes. Per això, és important gestionar-los adequadament per a evitar la propagació de infeccions i protegir al seu torn el medi ambient.

La legislació de gestió de residus sanitaris d'un sol ús varia segons el país o la regió. En general, aquestes lleis estableixen els procediments per al tractament i disposició final d'aquests residus. En l'àmbit internacional, la normativa sobre la gestió de residus sanitaris d'un sol ús es regula per l'OMS (Organització Mundial de la Salut). A Espanya, la gestió de residus sanitaris d'un sol ús està regulada per la Llei 7/2022, de 8 d'abril, de residus i sòls contaminats i el seu Reglament (Ley 7, 2022), així com

per la normativa autonòmica, el Reial decret 240/1994, de 22 de novembre, de gestió dels residus sanitaris (Valencia & Valenciano, 1994).

Aquestes regulacions estableixen així com s'han d'emmagatzemar i recollir aquests productes per a posterior eliminació. En el cas dels productes sanitaris de classe IIa la seua eliminació s'ha de realitzar en instal·lacions autoritzades, mitjançant autoclau o incineració.

Per aquesta raó, és important que es complisquen amb aquestes regulacions per a garantir la seguretat de la salut pública i del medi ambient.

1.1.4 DETERMINACIÓ DE LA PETJADA DE CARBONI

La petjada de carboni s'entén com "la totalitat de gasos d'efecte d'hivernacle emesos per efecte directe o indirecte per un individu, organització, esdeveniment o producte" (MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica), 2018). En aquest treball l'objectiu es determinar la petjada de carboni dels utilatges que s'utilitzen en les practiques mèdiques d'endoscòpia. Com a productes sanitaris que es consideren la determinació de la seua petjada de carboni consisteix en mesurar los gasos d'efecte d'hivernacle que emeten durant tot el seu cycle de vida, considerant com a cycle de vida d'un producte tot el procés que va des de l'extracció de les matèries primes, processament, fabricació i distribució, fins a la etapa final d'ús i de vida útil.

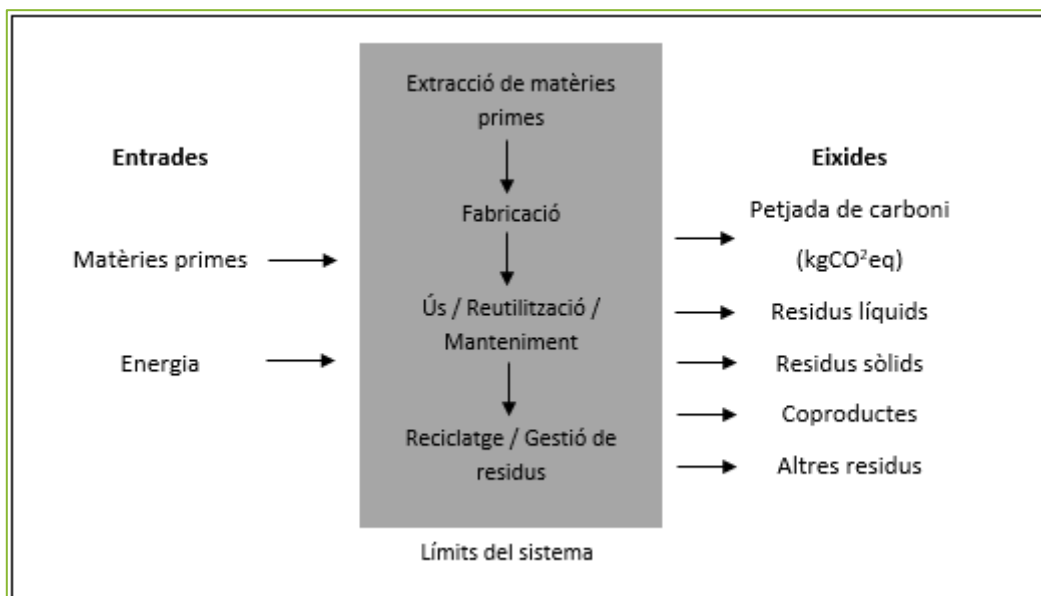


Figura 10. Etapes del Anàlisi del Cicle de Vida d'un producte

El cicle de vida es pot quantificar per a obtenir una dada aproximada dels residus perjudicials produïts durant la fabricació de qualsevol dispositiu. Existeixen diversos programes informàtics que faciliten la gestió del cicle de vida d'un producte, ja que permeten obtenir la petjada de carboni per mitjà de oferir al programa les entrades i etapes corresponents. Un d'aquests softwares, i el més conegut es el OpenLCA, que s'ha fet servir en aquest estudi.

Aquest programa de lliure accés permet als usuaris modelar i analitzar l'impacte ambiental de productes, servicis i sistemes en tot el seu cicle de vida. Aquests software es pràcticament jove ja que es porta desenvolupant des de 2006 per els alemanys GreenDelta (García, 2013). A més de la seua interfície fàcil d'usar, compta amb una àmplia biblioteca de conjunts de dades, que inclouen fluxos de materials i energia, mètodes d'avaluació d'impacte i dades de referència. Per aquesta raó, OpenLCA és àmpliament utilitzat per investigadors i professionals en diversos camps, com a ciències ambientals, enginyeria i medicina.

2. OBJECTIUS

L'objectiu principal d'aquest treball es aconseguir determinar la composició material dels diferents utilitatges que s'utilitzen en les unitats d'endoscòpia mitjançant la determinació d'alguns paràmetres fisicoquímics característics de materials polimèrics o metàl·lics, per a determinar la petjada de carboni que generen, a fi de trobar alternatives que reduïsquen el gran impacte ecològic i econòmic que suponen. D'aquesta manera, per aconseguir-ho, per una banda s'ha espedejat i quantificat gravimètricament tots els elements que componen els utilitatges d'un sol ús. Y per altra banda, s'han seleccionat les tècniques de caracterització en ciències de materials (TGA, DSC, FTIR i EDX) més precises en quant a composició química, a més, d'altres variables importants d'entrada necessàries per a avaluar la petjada de carboni.

Finalment, amb els resultats de caracterització obtinguts farem servir el software OpenLCA per a determinar la petjada de carboni d'aquestes eines endoscòpiques. Per a obtenir-la, s'introduirà en OpenLCA cada utilitatge, determinant el material que els formen i indicant la seua massa.

Així, seguint aquests objectius es pretén determinar d'una manera quantificada el nivell de CO₂ que es genera amb la fabricació i eliminació d'aquests utilitatges, i poder prendre mesures més sostenibles tant a curt termini com a llarg.

2.1. MOTIVACIÓ

La motivació d'aquest estudi sorgeix de la necessitat de trobar materials més sostenibles per a contribuir de manera positiva al canvi climàtic, reduint-lo ja que els productes del meu estudi a l'ésser d'un només ús produeixen molts residus, que en la seua eliminació generen grans quantitats de gasos d'efecte d'hivernacle. Amb aquesta alternativa en els materials també es contribuiria de manera indirecta a la sostenibilitat de l'atenció medica, que a causa de la pandèmia de la COVID-19 va veure augmentada la demanda de productes d'un sol ús.

Això també beneficiaria a l'empreses perquè aquest estudi permetria als fabricants reduir la seua petjada de carboni i demostrar el seu compromís amb la sostenibilitat, que cada vegada té més regulacions i estàndards estrictes, llaurant-se una bona reputació de cara als consumidors i proveïdors,

fins i tot podent reduir els costos de producció, i en els quals l'enginyeria biomèdica pot exercir un paper fonamental.

3. MATERIALS I MÈTODES

3.1. PREPARACIÓ I CLASSIFICACIÓ DE MOSTRES

Per a identificar els instruments d'endoscòpia s'ha elaborat una nomenclatura interna que classifica cada tipus d'utilatge en S (Snares), H (Hemoclips) i F (Fòrceps).

En la preparació de les mostres, en primer lloc s'ha dut a terme una separació mecànica, especejant els diferents utillatges amb ajuda de ferramentes. Una vegada s'han obtingut els diversos components, cada mostra s'ha ficat en bosses de plàstic i s'ha donat una nomenclatura i un nombre de mostra per a facilitar la posterior classificació de cadascuna.

En primer lloc, s'han separat les diverses mostres segons tipus de material, sent plàstic o metall. Una vegada es van obtenir les mostres nombrades i classificades, es van pesar, ja que la data de pes serà de vital importància per a determinar la petjada de carboni que genera cada un dels utillatges amb l'ajuda del software OpenLCA, sent aquesta eina el principal objectiu del present treball.

La separació mecànica del components plàstics dels utillatges va requerir bastant temps ja que la majoria dels components presenten esta naturalesa polimèrica, en els tres casos d'utillatges. Amb ferramentes es van anar separant les distintes parts, tal com es pot observar en la Figura 11.



Figura 11. Separació mecànica i classificació de part plàstica.

Per a la separació dels components metàl·lics es va seguir el mateix procediment, especejant les distintes parts i classificant-les. No obstant, per a procedir al anàlisi d'aquests se'ls va a dur a terme a un bany de neteja per a quitar qualsevol residu polimèric que quedés de la separació mecànica. Per allò, es va fer servir gots de precipitats on es va depositar els components en una proporció 1:1 d'aigua i desgreixador a parts iguals tal i com es pot observar en la Figura 12.

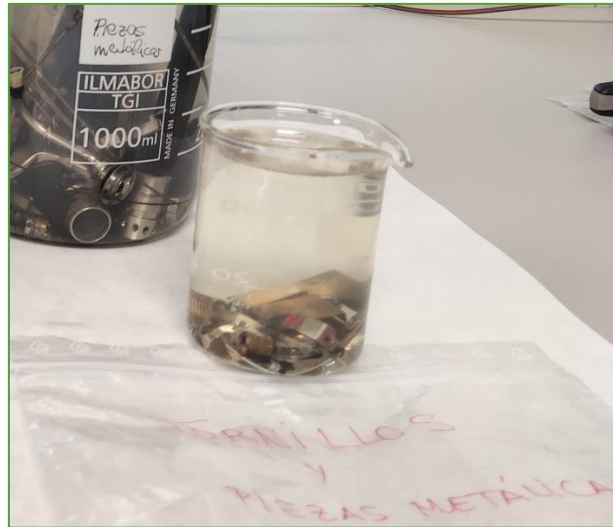


Figura 12. Neteja de les parts metàl·liques dels utilatges.

3.2. CARACTERITZACIÓ TÈRMICA MITJANÇANT EL ANÀLISIS TERMOGRAVIMÈTRIC (TGA) I LA CALORIMETRIA DIFERENCIAL D'ESCOMBRATGE (DSC)

La caracterització tèrmica es de gran importància a l'hora de identificar materials polimèrics desconeguts degut a que les propietats tèrmiques específiques de cada polímer poden ser mesurades i comparades amb les d'altres polímers ja coneguts i identificar d'aquesta forma el tipus de polímer que es tracta. Existeixen diverses tècniques per fer aquestes comparacions, les utilitzades en aquest treball es presenten a continuació.

3.2.1. ANÀLISIS TERMOGRAVIMÈTRIC (TGA)

El anàlisi termogravimètric (TGA) es útil per a la caracterització d'una amplia varietat de materials, com poden ser polímers, ceràmiques, productes farmacèutics i materials biològics.

Aquesta tècnica s'utilitza per a mesurar els canvis de pes, pèrdua o guany de massa, en una mostra conforme a un mètode de temperatures establert, calfament, refredament o temperatura constant. En el nostre cas hem estudiat el canvi de pes segons la temperatura. Els resultats que s'obtenen són termogrames on es pot veure de forma clara a quina temperatura el material ha experimentat la seua descomposició, mostrant-se la caiguda de pes del mateix (Villegas, 2012).

Per a dur a terme la anàlisi s'ha fet servir el TGA/DSC 2 de Mettler Toledo que permet caracteritzar un gran nombre de mostres, ja que conta amb una platina de 34 portamostres, i obtindre resultats en un ampli rang de temperatures, ja que arriba fins a 1600°. Es poden emprar dos tipus d'anàlisi, dinàmic o isoterm, en el nostre cas s'ha optat per realitzar l'estudi de forma dinàmica.

En un experiment TGA la mostra es col·loca en una càpsula de platí i es disposa en una cel·la dins del forn on es sotmet a un programa de temperatures. En el nostre van programar que la velocitat de calfament del mètode fora de 10°C/min amb un flux constant de gas inert N₂ a 20 ml/min. Durant l'experiment, es va mesurant contínuament la massa de la mostra i es registra en funció de la temperatura. D'aquesta forma la tècnica permet detectar canvis de pes en la mostra a mesura que es

produeixen, e identificar processos com poden ser la descomposició tèrmica, la oxidació i la reducció. No obstant, en aquest estudi el procés d'interès ha sigut la descomposició del material polimèric.

Per a dur a terme aquesta tècnica van disposar d'un total de 65 mostres de caràcter plàstic entre Snares, Hemoclips i Fòrceps. Per cada assaig es van preparar huit mostres, set per a analitzar i la línia base. La línia base en tècniques de caracterització de materials fa referència a la senyal de fons (o senyal de referència) que es realitza abans de analitzar una mostra. Aquesta senyal es de gran importància perquè proporciona informació sobre la senyal de fons que es deu restar de la senyal de mostra per a obtindre una mesura precisa de la mostra.

En cada assaig havia de seguir un procediment de preparació: les mostres es dipositaven en càpsules de platí de 70 μ l. Aquestes havien de sotmetre a un procediment de neteja per a eliminar qualsevol residu, que consistia en un bany d'acetona, alcohol i aigua, i un posterior secament mitjançant calor. En cada assaig primer s'havia de pesar les càpsules sense mostra, en torn a 1 – 2 mg (el pes havia de ser el més pròxim possible a 0, no obstant, a pesar de la neteja de les mateixes podien quedar residus d'altres anàlisis), després es disposaven les mostres en les càpsules i es tornaven a pesar, havia d'estar en torn a 4 – 5 mg per a obtindre uns resultats precis (requeriment de l'equip). Una vegada estaven les mostres pesades es llançava el mètode. Hi ha que destacar que la línia base es feia una vegada cada volta que es llançava el mètode. En total es van realitzar 8 assaigs, cadascú tenia una duració de huit hores aproximadament.

El valor que es va obtindre d'aquesta tècnica es la Td (temperatura de degradació), al 50% de pèrdua de massa, mitjançant la derivada de la corba obtinguda, i massa final obtinguda, que fa servir posteriorment per a el anàlisis del resultat de incineració de les mostres.



Figura 13. Equip d'Anàlisi Termogravimètric (TGA).

3.2.2. CALORIMETRIA DIFERENCIAL D'ESCOMBRATGE (DSC)

La Calorimetria Diferencial D'escombratge (DSC) es una ferramenta important en la caracterització de materials i en la investigació científica, ja que permet mesurar de manera precisa les propietats tèrmiques de les mostres a estudiar.

Es tracta d'una tècnica termeanalítica utilitzada per a mesurar la quantitat de calor absorbit o alliberat per una mostra en funció de la temperatura o el temps, en el cas d'aquest estudi s'ha tingut en compte en funció de la temperatura. El procés de caracterització es basa en mesurar la diferència de calor absorbit o alliberat entre una mostra i la mostra de referència, dins d'un ambient controlat de temperatures. Les magnituds físiques que es poden mesurar amb aquesta tècnica són canvis de fase, com la temperatura de fusió (T_m), la transició vítria (T_g), la sublimació i la evaporació.

Per temperatura de fusió (T_m) s'entén com la temperatura a la qual fonen els cristalls romanents en les regions encara cristal·lines del material polimèric. Per altra banda, la temperatura de transició vítria es la temperatura a la qual el polímers de caràcter amorf o rígids, es transformen en materials gomosos, degut al calfament.

Els resultat que s'obté són termogrames, corbes on es representen fluxos de calor en funció de la temperatura, i on apareixen aquestes magnituds físiques, que permeten estudiar i mesurar les propietats tèrmiques dels polímers.

En la Figura 14 la corba fusió es refereix a la temperatura de fusió (T_m) i la transició vítria (T_g) es correspon amb el punt de temperatura intermedi on el material es troba en un estat de transició entre el estat fos i rígid.

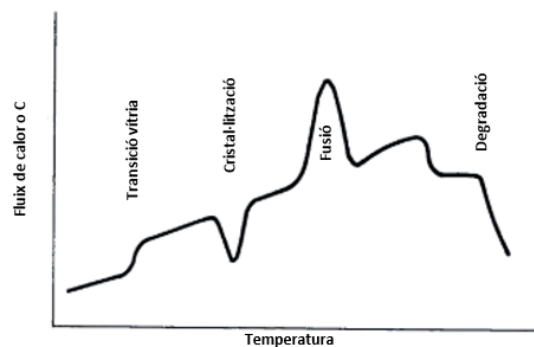


Figura 14. Exemple de termograma d'un polímer (Llorente Uceta, Miguel Ángel; Horta Zubiaga, 1991).

Per a dur a terme l'assaig es va utilitzar el DSC 8000 de PerkinElmer (Figura 15), que conta amb forn doble, proporcionant una millor sensibilitat i precisió. Aquest equip de DSC compta amb una temperatura màxima de 750° i una mínima de -180°. Per a aquest estudi el mètode que van utilitzar arriba fins a 240° de calfament i -80° de refredament. Quant a les limitacions de la massa en el forn de mostra, havia de ser entre 1 i 3 mg per a que les mesures foren precises, aquesta pauta bé marcada per el propi fabricant.

Abans de mesurar es van preparar les mostres en càpsules d'alumini, requerit per l'equip, que posteriorment s'encapsulaven amb unes cobertes també d'alumini, fent servir una segelladora de PerkinElmer. Després de l'encapsulament de totes les mostres es va dur a terme la caracterització.



Figura 15. Equip de Calorimetria Diferencial D'escombratge (DSC).

En aquest DSC sols es podia introduir una mostra per anàlisi, de manera que es van realitzar un total de 65 assaigs entre Snares, Hemoclips i Fòrceps. Tots aquests van seguir el mateix procediment: huit fases de refredament i calfament respectivament. Es començava amb un temperatura de -80°C , que arribava fins a 240°C , es mantenia uns minuts per a baixar altra vegada a -80°C , ací ens mantenia uns minuts i calfava una vegada més fins a 240°C , per finalment refredar fins a -80°C .

Es va determinar aquest procediment per a poder observar si existien temperatures de fusió (T_m) i de transició vítria (T_g) en les mostres, ja que a la temperatura màxima de 240°C els components polimèrics poden presentar aquestes transformacions tèrmiques.

3.3. CARACTERITZACIÓ FISCOQUÍMICA MITJANÇANT LA ESPECTROSCÒPIA DE INFRAROJOS PER TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR) I LA ESPECTROSCÒPIA DE RAJOS X (EDX)

3.3.1. ESPECTROSCÒPIA D'INFRAROJOS PER TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)

La tècnica d'Espectroscòpia d'Infrarojos per Transformada de Fourier es una tècnica de espectroscòpia infraroja que s'utilitza per a analitzar la composició química dels polímers. Aquesta tècnica implica la exposició d'una mostra de polímer a un feix de llum infraroja, que produeix en conseqüència una absorció d'energia per part de les molècules del polímer. De la següent manera, la energia absorbida es mesura i es compara amb un espectre de referència per a determinar la composició química del polímer.



Figura 16. Bruker FTIR Alpha Espectrofotòmetre (Espectrómetre Compacto FTIR Alpha Bruker).

Amb aquesta tècnica s'obté un espectre de transmissió de llum infraroja característic per a cada material, ja que cada tipus d'enllaç químic en el polímer produeix una petjada espectral única, que es pot identificar i utilitzar per a determinar la presència dels grups funcionals. La radiació procedent del feix d'infrarojos incideix en la mostra, de manera que una part de la radiació es absorbeix per la mostra, i l'altra es travessa, es transmet.

Aquestes senyals solen aparèixer en el rang de 1200 cm^{-1} to 600 cm^{-1} , que es coneix com la 'regió de petjades dactilars' dels enllaços químics (Guzmán, 2009). Cada material presenta la seua pròpia petjada que l'identifica, per això la seua identificació es de gran importància per a la caracterització química dels components polimèrics que es presenten en aquest treball.

Com a mostres es van seleccionar les parts plàstiques especejades dels utilatges. Per a aquesta tècnica no havia d'encapsular les mostres, simplement es disposava una petita part de la mostra a examinar sobre la lent. Aquest instrument sols permetia examinar cada mostra d'una en una, de forma que es van realitzar un total de 78 assaigs per a Snares, Hemoclips i Fòrceps.

El anàlisi d'aquests components es va realitzar fent servir l'espectrofotòmetre d'infrarojos Bruker FTIR ALPHA II (Platinum ATR) que permet el anàlisi químic, quantificació i verificació de matèries primes, com son els polímers. Les mostres es van disposar en la platina del FTIR de forma que omplira tota la lent per evitar obtindre senyals errònies. Amb la mostra col·locada i assegurada es va procedir a realitzar l'assaig (en el rang de $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$). En el nostre cas, encara que les petjades dactilars solen aparèixer entre $600\text{-}1200\text{ cm}^{-1}$ com s'ha mencionat abans, en aquest estudi van prioritzar les longitud d'ona a partir de 1200 cm^{-1} , ja que mostraven informació més precisa del tipus de material.

Una vegada obtinguda la petjada dactilar de cada component, es feia un estudi comparatiu fent servir la biblioteca d'espectres que presenta el software del FTIR, per a determinar de forma més assegurada el tipus de material. Després de realitzar cada assaig es devia netejar be la platina per evitar residus a l'hora de començar el assaig següent.

3.3.2. ESPECTROSCÒPIA DE RAJOS X (EDX)

La espectroscòpia de rajos X (EDX) es una de les tècniques més comuns implementades en microscopis SEM, que s'utilitza per a l'anàlisi elemental o químic de materials metàl·lics (Espectroscopia de Rayos X Dispersivo En Energía EDX - Cromtek).



Figura 17. Microscòpic Electronic de Escombratge (SEM).

Es basa principalment en la detecció de la radiació X que emet la mostra excitada baix un feix d'electrons enfocat en una àrea característica (INNOVATION, 2020). Els electrons excitats compten amb una energia de l'ordre de keV, aquesta energia produïx transicions electròniques en els nivells atòmics més interns, provocant la eixida de fotons en el espectre dels rajos X (Ángel Pérez del Pino, 2003). Els fotons, que son detectats ja siga en energia o en longitud de ona, produeixen diferents tipus de senyals que son arreplegades i posteriorment transformades en imatges d'alta resolució.

Les mostres a estudiar van ser les parts metàl·liques obtingudes en la separació mecànica dels diferents utilitatges, una vegada ja estaven netejades de residus polimèrics. L'equip utilitzat per a la caracterització dels metalls va ser el microscopi Carl Zeiss AG ULTRA 55, ideal per a realitzar mesures precises amb una distancia de treball molt curtes, que es requeria per al nostre estudi.

En total es van caracteritzar un total de 33 mostres en tres assaigs, ja que en cada portaobjectes es podia disposar varies mostres i per tant, analitzar varies mostres en menys temps. La disposició de les mostres en el portaobjectes va seguir el mateix procediment per als tres assaigs: tres tires de carboni (material conductor) i damunt es disposaven les mostres seguint un criteri d'altura i tamany. Les peces de major tamany havien d'ajustar-se d'una manera diferent al microscopi, de forma que es posaven en primer lloc i lluny de les peces més menudes, per evitar que les grans feren ombra, i poguessen rebre el rajos X.



Figura 18. Mostres metàl·liques disposades segons altura i tamany.

Una vegada estaven els portaobjectes preparats, s'introduïen en el microscopi per a dur a terme el anàlisi. Aquesta tècnica permet seleccionar la zona a estudiar, en el nostre cas van decidir estudiar el anàlisi elemental segons àeries de la superfície del material. Seleccionada l'àrea a estudiar es procedia al anàlisi, on s'anava recollint les diferents proporcions del elements químics detectats en eixa àrea, tal i com es por observar en la Figura 19.

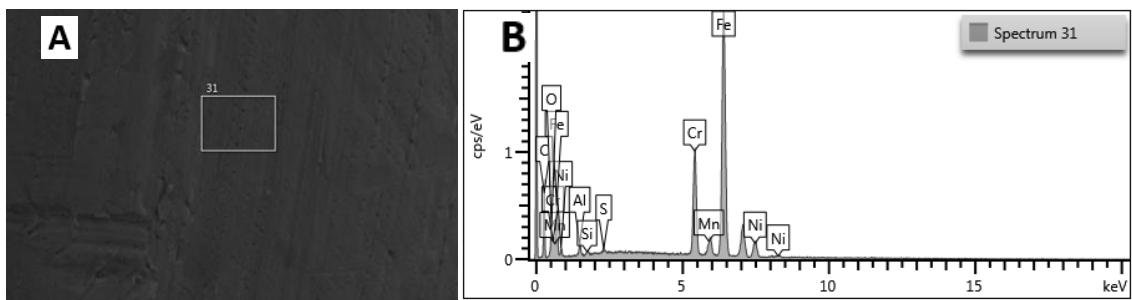


Figura 19. Àrea seleccionada per a l'anàlisi elemental d'una mostra (A) i elements químics de la mostra (B).

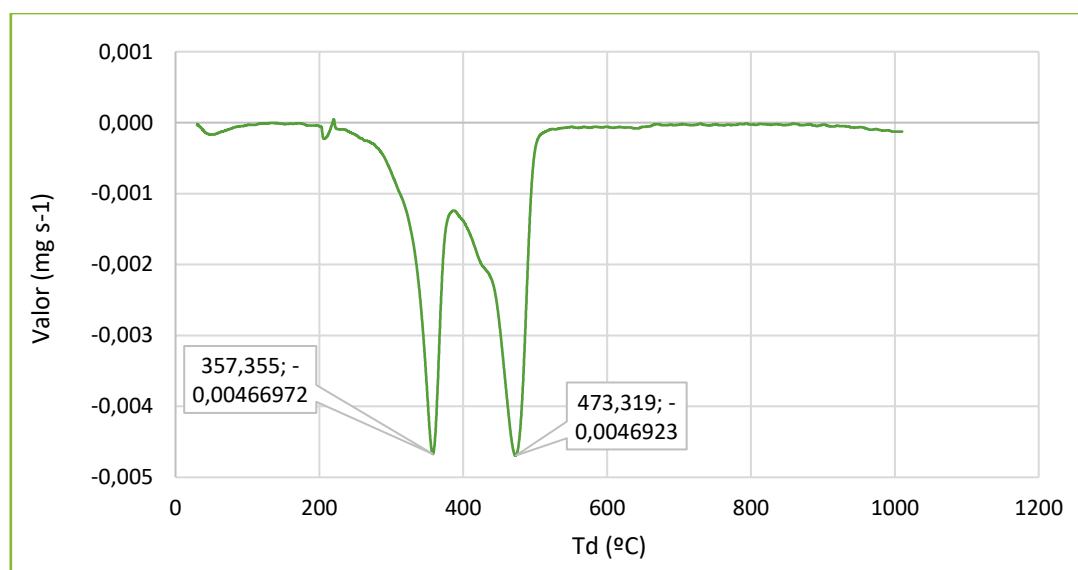
4. RESULTATS I CARACTERITZACIÓ

4.1. ESTUDI DE LES CARACTERÍSTIQUES TÈRMIQUES

En aquest apartat es presenten els resultats de la caracterització tèrmica dels utilitatges que es van seleccionar com a interès d'estudi. Per a poder realitzar un contrast de resultats es van estudiar diverses marques diferents, d'aquesta forma es van sotmetre a l'estudi tres Snares (S1, S2 i S3), dos Hemoclips (H1 i H2) i tres Fòrceps (F1, F2 i F3).

Els assaigs tèrmics es van realitzar mitjançant ambdós tècniques (TGA i DSC) resultats dels quals es presenten a continuació en diverses taules. Per començar, amb la tècnica TGA es van determinar les temperatures de degradació (Td) del material per a cada utilatge. I, finalment, per a acabar amb la caracterització tèrmica es va dur a terme la tècnica DSC, amb la qual es van obtenir les temperatures de transició vítria (Tg) i de fusió cristal·lina (Tm). Així, amb aquestes dades tèrmiques, junt amb els resultats de la caracterització fisicoquímica, es determinarà el material de fabricació dels utilitatges.

Per a obtenir la Td (temperatura de degradació) de totes les mostres es va calcular la derivada de la corba que ens proporciona l'anàlisi i la pròpia massa de la mostra, de forma que es va obtenir una gràfica on es mostra la caiguda de pes del material i a quina temperatura es produïx, un exemple de gràfica es pot observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**



Gràfica 1. Temperatures de degradació de la mostra A2.3.

La Taula 1 mostra les temperatures de degradació que es van obtenir per als tres tipus de Snares. Es pot veure que les temperatures es troben al voltant dels 400 – 500 °C, a més, en algunes mostres s’han trobat dos caigudes de pes, com a conseqüència d’una combinació de materials polimèrics amb distinta temperatura de degradació, es el cas de les mostres A2.3 i A3.7.

Taula 1. Resultats TGA dels Snares.

SNARES					
	ID	Mostra	Pes (g)	TGA	
				Td ¹ (°C)	Td ² (°C)
S1	S1.7	Embalatge plàstic	8.36	475.78	
	S1.8			475.78	
	S1.9			475.78	
	S1.6	Embalatge paper	8.76	485	
	S1.1	Mànec general	22.05	426	
	S1.2	Mànec extrem	1.04	426	
	S1.3	Mànec protector 1	0.75	475	
	S1.4	Mànec protector 2	1.82	596	
	S1.5	Tub	12.77	327	
	ID	Mostra	Pes (g)	TGA	
				Td ¹ (°C)	Td ² (°C)
S2	S2.2	Embalatge plàstic	7.78	473.18	
	S2.3			357.35	473
	S2.4			470.60	
	S2.1	Embalatge paper	5.59	483.27	
	S2.5	Mànec general	18.06	427.93	
	S2.6	Mànec protector 1	0.262	460.98	
	S2.7	Mànec protector 2	0.344	478.52	
	S2.8	Cable protector (plàstic)	13.16	591.30	
	ID	Mostra	Pes (g)	TGA	
				Td ¹ (°C)	Td ² (°C)
S3	S3.5	Embalatge plàstic	4.4	362	
	S3.6			478.26	
	S3.7			357.30	476.78
	S3.4	Embalatge paper	7.4	460.00	
	S3.1	Mànec general	26.21	423.92	
	S3.2	Tub	6.35	485.00	
	S3.3	Protector	1.2	424.00	

Els resultats del anàlisi realitzat per als dos tipus de hemoclips es pot observar en la Taula 2. De la mateixa manera que en el cas del Snares, les temperatures de degradació obtingudes estan al voltant de 400 – 500 °C, a excepció de la mostra H1.7, amb una temperatura de degradació de 629 °C degut a la presència de altres materials, que posteriorment determinarem.

Taula 2. Resultats TGA dels Hemoclips.

HEMOCLIPS					
	ID	Mostra	Pes (g)	TGA	
				Td1 (°C)	Td2 (°C)
H1	H1.1	Embalatge plàstic	6.38	478.31	
	H1.2			356.5	403.7
	H1.3			478.28	
	H1.4	Embalatge paper	6.97	483.34	
	H1.5	Protector plàstic	3.41	483.31	
	H1.6	Mànec general	29.79	417.92	
	H1.7	Tub protector groc	2.464	629.36	
	H1.8	Suport roig	0.525	465.68	
	H1.9	Protector negre	0.395	480.76	
	ID	Mostra	Pes (g)	TGA	
				Td1 (°C)	Td2 (°C)
H2	H2.2	Embalatge plàstic	13.3	475.80	
	H2.3			362.5	478.31
	H2.4			478.26	
	H2.1	Embalatge paper	6.73	485.85	
	H2.5	Mànec general blanc	19.00	427.87	
	H2.7	Punta mànec general taronja		516.08	
	H2.6	Tub plàstic intern	0.46	485.76	

Finalment, es presenten els resultats del anàlisi TGA per als tres tipus de Fòrceps, procediment que es va seguir de la mateixa manera que amb els anteriors utilitatges. D'aquesta forma tal i com es pot observar en la Taula 3 les temperatures de degradació es troben entre el 400 – 500 °C al igual que en els anterior utilitatges.

Taula 3. Resultats TGA dels Fòrceps.

FÒRCEPS					
	ID	Mostra	Pes (g)	TGA	
				Td1 (°C)	Td2 (°C)
F1	F1.1	Embalatge plàstic	9.86	455	
	F1.2			465	
	F1.3			457	
	F1.4	Mànec general	15.39	425	
	F1.5	Mànec protector blanc	0.091	476	
	F1.6	Tub plàstic interior	1.48	481	
	F1.7	Tub plàstic exterior	4.6	478	
	F1.12	Mànec general groc	3.64	425.95	
	ID	Mostra	Pes (g)	TGA	
				Td1 (°C)	Td2 (°C)
F2	F2.1	Embalatge plàstic	12.63	476	
	F2.2			475	
	F2.3			475	
	F2.4	Mànec general	15.65	426	
	F2.5	Mànec protector	0.39	461	
	F2.6	Tub plàstic fino	0.135	478.8	
	F2.7	Tub plàstic exterior	4.6	479.80	
	F2.11	Embalatge paper (cercle)	0.53	479.84	
	ID	Mostra	Pes (g)	TGA	
				Td1 (°C)	Td2 (°C)
F3	F3.1	Embalatge plàstic	6.33	472.79	
	F3.2			354	475
	F3.3			472.90	
	F3.4	Embalatge paper	5.11	-	
	F3.5	Mànec general (gris)	23.01	434.00	
	F3.6	Protector fòrceps (roig)	0.144	482.00	
	F3.7	Tub plàstic interior	1.75	587.13	
	F3.8	Tub plàstic exterior (gris)	1.84	434.00	
	F3.12	Mànec general (punta roja)	2.35	482.00	

Continuant amb la caracterització tèrmica es presenten a continuació el resultats obtinguts en la tècnica DSC. En la figura següent, podem veure a tall d'exemple, com es veu una T_g i una T_m en l'anàlisi DSC d'un polímer. La T_g representa la temperatura a la qual el material canvia el seu comportament, transició del estat vitre a altre més elàstic. Mentre que la T_m , es refereix a la temperatura de fusió del polímer, es a dir, transició d'un estat sòlid a altre més líquid.

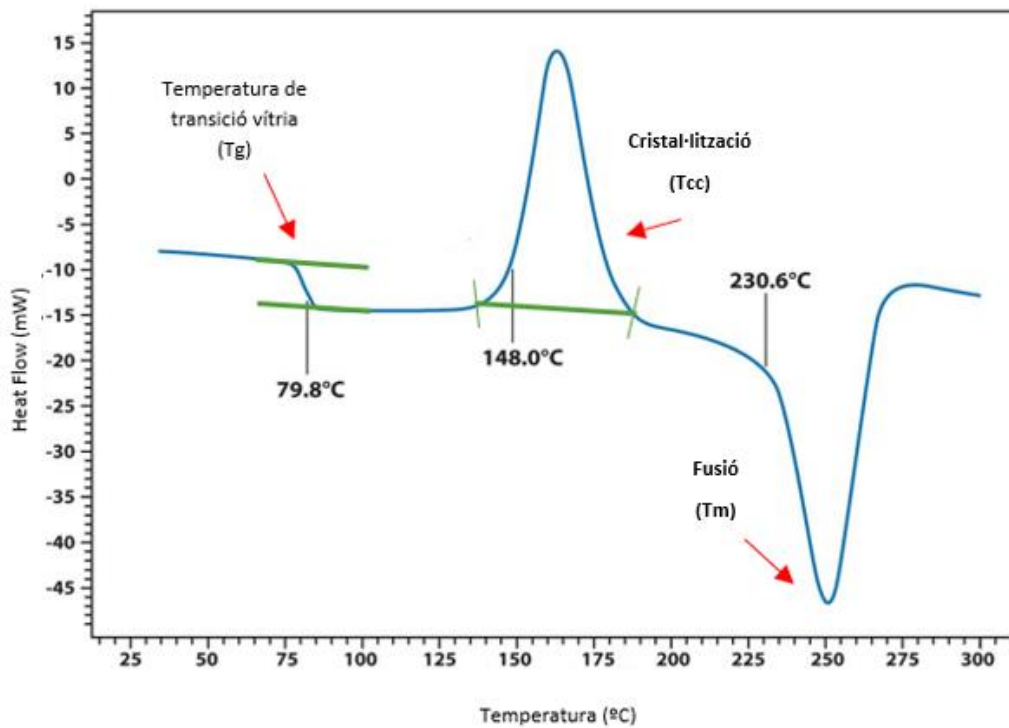


Figura 20. Exemple de gràfica DSC.

En la Taula 4 es pot observar que no es va registrar ninguna Tg en el material dels Snares, no obstant, les Tm que es van observar concorden, a pesar de que alguns assaigs no van registrar cap tipus de temperatura, a pesar de la repetició d'aquestes.

Taula 4. Resultats DSC dels Snares.

SNARES					
	ID	Mostra	Pes (g)	DSC	
				Tm ¹ (°C)	Tm ² (°C)
S1	S1.7	Embalatge plàstic	8.36	104.59	
	S1.8			107.52	
	S1.9			106.15	
	S1.6	Embalatge paper	8.76	134.86	
	S1.1	Mànec general	22.05	-	
	S1.2	Mànec extrem	1.04	-	
	S1.3	Mànec protector 1	0.75	84.83	
	S1.4	Mànec protector 2	1.82	20.4	
	S1.5	Tub	12.77	-	
	ID	Mostra	Pes (g)	DSC	
				Tm ¹ (°C)	Tm ² (°C)
S2	S2.2	Embalatge plàstic	7.78	106.16	
	S2.3			110.38	
	S2.4			106.78	
	S2.1	Embalatge paper	5.59	135.35	
	S2.5	Mànec general	18.06	-	
	S2.6	Mànec protector 1	0.262	159.19	
	S2.7	Mànec protector 2	0.344	117.26	
	S2.8	Cable protector (plàstic)	13.16	23.46	
	ID	Mostra	Pes (g)	DSC	
				Tm ¹ (°C)	Tm ² (°C)
S3	S3.5	Embalatge plàstic	4.4	-	
	S3.6			154.96	
	S3.7			154.11	
	S3.4	Embalatge paper	7.4	-	
	S3.1	Mànec general	26.21	-	
	S3.2	Tub	6.35	129.07	
	S3.3	Protector	1.2	-	

En els resultats que es presenten en la Taula 5 es pot observar que per als Hemoclips si s'han obtingut diverses Tm, degut a la presència de diversos materials amb temperatures distintes, no obstant, en aquests tampoc es va registrar ninguna Tg.

Taula 5. Resultats DSC dels Hemoclips.

HEMOCLIPS						
	ID	Mostra	Pes (g)	DSC		
				Tm ¹ (°C)	Tm ² (°C)	Tm ³ (°C)
H1	H1.1	Embalatge plàstic	6.38	98.13		
	H1.2			-		
	H1.3			99.47		
	H1.4	Embalatge paper	6.97	131.05		
	H1.5	Protector plàstic	3.41	127.89		
	H1.6	Mànec general	29.79	109.36	201.86	
	H1.7	Tub protector groc	2.464	-41.42		
	H1.8	Suport roig	0.525	118.68	156.5	
	H1.9	Protector negre	0.395	105.62		
	ID	Mostra	Pes (g)	DSC		
				Tm ¹ (°C)	Tm ² (°C)	Tm ³ (°C)
H2	H2.2	Embalatge plàstic	13.3	115.65	212.65	
	H2.3			112.06	117.6	216.73
	H2.4			112.15	125.92	214.47
	H2.1	Embalatge paper	6.73	132.66		
	H2.5	Mànec general blanc	19	214.99		
	H2.7	Punta mànec general taronja		112	179.94	
	H2.6	Tub plàstic intern	0.46	126.54	212.65	

En la Taula 6 es presenten els resultats de DSC per al Fòrceps. es pot observar, que a diferència de la Tm dels embalatges plàstics del anterior utilitatges, aquest presenta temperatures superior, dada que es pot fer una idea de que el material siga diferent. Hi ha que destacar també que no s'ha registrat ninguna Tg al igual que amb els anteriors assaigs, i tampoc en este cas s'ha obtingut més Tm.

Taula 6. Resultats DSC dels Fòrceps.

FÒRCEPS					
	ID	Mostra	Pes (g)	DSC	
				Tm1 (°C)	Tm2 (°C)
F1	F1.1	Embalatge plàstic	9.86	160.37	
	F1.2			160.28	
	F1.3			165.88	
	F1.4	Mànec general	15.39	-	
	F1.5	Mànec protector blanc	0.09	102.04	
	F1.6	Tub plàstic interior	1.48	132.68	
	F1.7	Tub plàstic exterior	4.60	107.22	
	F1.12	Mànec general groc	3.64	106.61	
	ID	Mostra	Pes (g)	DSC	
				Tm1 (°C)	Tm2 (°C)
F2	F2.1	Embalatge plàstic	12.62	112.43	
	F2.2			113.09	
	F2.3			113.43	
	F2.4	Mànec general	15.64	108.69	
	F2.5	Mànec protector	0.39	-	
	F2.6	Tub plàstic fino	0.135	128.52	
	F2.7	Tub plàstic exterior	4.50	129.32	
	F2.11	Embalatge paper (cercle)	0.52	132.46	
	ID	Mostra	Pes (g)	DSC	
				Tm1 (°C)	Tm2 (°C)
F3	F3.1	Embalatge plàstic	6.32	105.58	
	F3.2			111.4	
	F3.3			104.98	
	F3.4	Embalatge paper	5.10	132.83	
	F3.5	Mànec general (gris)	23.00	102.74	
	F3.6	Protector fòrceps (roig)	0.14	-	
	F3.7	Tub plàstic intern	1.75	21.78	
	F3.8	Tub plàstic exterior (gris)	1.84	168.1	
	F3.12	Mànec general (punta roja)	2.34	-	

4.2. ESTUDI DE LES CARACTERÍSTIQUES FISCOQUÍMIQUES

La caracterització fisicoquímica dels utilatges es va realitzar mitjançant dos tècniques (FTIR i EDX), resultats dels quals es presenten a continuació. Amb la tècnica FTIR es va determinar la naturalesa química del enllaços presents en els components estudiats, que posteriorment amb ajuda de la biblioteca d'espectres es determinarà el material predominant. Per altra banda, amb la tècnica EDX es va estudiar la naturalesa química dels components metàl·lics que formen part del distints utilatges.

En primer lloc es presenten els resultats obtinguts aplicant la tècnica FTIR per als diversos utilatges. Per a comprendre millor els resultats que es presenten a continuació, es mostra a tall d'exemple com es la representació gràfica de la petjada dactilar d'un material polimèric mitjançant la tècnica FTIR. Tots els resultats es presenten indicant els pics més característics que coincideixen amb la biblioteca d'espectres, ferramenta de gran utilitat per a determinar el material de fabricació analitzat.

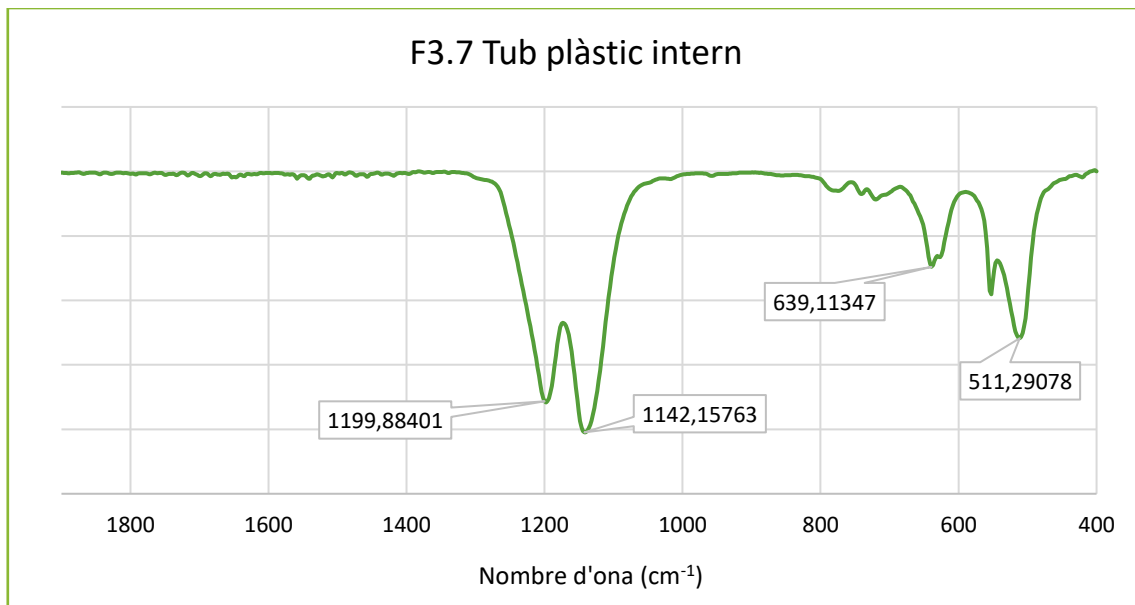


Figura 21. Exemple d'espectre FTIR.

En la Taula 7 es poden observar el pics característics obtinguts en el anàlisi fisicoquímic dels Snares. Aquests pics formen part de la petjada dactilar del material, que comparant-los amb els espectres de la base de dades del software, podem veure la coincidència en ambdós i determinar d'aquesta forma de que material es tracta.

Taula 7. Resultats FTIR dels Snares.

SNARES				
	ID	Mostra	Pes (g)	FTIR nombre d'ona (cm-1)
S1	S1.7	Embalatge plàstic	8.36	1p 2848 ; 1p 2915
	S1.8			1p 1389 ; 3p 3620 – 3693
	S1.9			1p 2848 ; 1p 2915
	S1.6	Embalatge paper	8.76	1p 2847 ; 1p 2915
	S1.1	Mànec general	22.05	2p 698 759 ; 4p 910 – 1070 ; 1p 2237 ; 3p 2850 – 3030
	S1.2	Mànec extrem	1.04	1p 2920 ; 1p 1453 ; 2p 760 699
	S1.3	Mànec protector 1	0.75	1p 1238 ; 1p 1738 ; 2p 2848 2915
	S1.4	Mànec protector 2	1.82	2p 1147 1201
	S1.5	Tub	12.77	2p 1147 1201
	ID	Mostra	Pes (g)	FTIR nombre d'ona (cm-1)
S2	S2.2	Embalatge plàstic	7.78	1p 1714 ; 3p 2850 – 2970
	S2.3			1p 2848 ; 1p 2915
	S2.4			1p 1715 ; 3p 2850 – 2970
	S2.1	Embalatge paper	5.59	1p 2848 ; 1p 2915
	S2.5	Mànec general	18.06	4p 2849 – 3062 ; 3p 542 - 759 ; 1p 2237
	S2.6	Mànec protector 1	0.262	2p 1200 1146 ; 1p 638 ; 1p 505
	S2.7	Mànec protector 2	0.344	1p 2847 ; 1p 2914
	S2.8	Cable protector (plàstic)	13.16	2p 1140 1197
	ID	Mostra	Pes (g)	FTIR nombre d'ona (cm-1)
S3	S3.5	Embalatge plàstic	4.4	2p 1376 1456 ; 4p 2837 – 2950
	S3.6			2p 700 871 ; 1b 1376
	S3.7			2p 1147 1201 ; 1p 1713
	S3.4	Embalatge paper	7.4	4p 896 – 1161 ; 1p 3000 – 3500
	S3.1	Mànec general	26.21	2p 698 759 ; 4p 910-1070 ; 3p 2850 – 3030
	S3.2	Tub	6.35	1p 2847 ; 1p 2914
	S3.3	Protector	1.2	2p 1700 1733 ; 2p 2849 2915

En la Taula 8 es presenten els pics característics per als diferents Hemoclips, H1 i H2. Es pot observar que es troben en nombres d'ona similars als anteriors utilitatges estudiats.

Taula 8. Resultats FTIR per als Hemoclips.

HEMOCLIPS				
	ID	Mostra	Pes (g)	FTIR nombre d'ona (cm-1)
H1	H1.1	Embalatge plàstic	6.38	2p 1097 1244 ; 1p 1714
	H1.2			4p 870 – 1420 ; 2p 2850 –1920 ; 1b 3000 – 3500
	H1.3			1p 2848 ; 1p 2916
	H1.4	Embalatge paper	6.97	1p 2846 ; 1p 2913
	H1.5	Protector plàstic	3.41	1p 2847 ; 1p 2914
	H1.6	Mànec general	29.79	3p 2850 3027 ; 1p 2237 ; 2p 1452 1494 ; 4p 911 – 1068 ; 2p 698 759
	H1.7	Tub protector groc	2464	4p 1415 – 1575 ; 3p 2850 – 2960
	H1.8	Suport roig	0.525	2p 1376 1458 ; 4p 2839 – 2950
	H1.9	Protector negre	0.395	1p 2848 ; 1p 2915
	ID	Mostra	Pes (g)	FTIR nombre d'ona (cm-1)
H2	H2.2	Embalatge plàstic	13.3	2p 2865 2933 ; 1b 3077 ; 1p 3296
	H2.3			2p 1032 1275 ; 2p 2850 2918 ; 3p 3620 3644
	H2.4			1p 1239 ; 1p 1464 ; 1p 1740 ; 2p 2848 2915
	H2.1	Embalatge paper	6.73	1p 2847 ; 1p 2914
	H2.5	Mànec general blanc	19	5p 2849 3083 ; 1p 2237 ; 3p 544 759
	H2.7	Punta mànec general taronja		1p 2925 ; 1p 829 ; 1p 725
	H2.6	Tub plàstic intern	0.46	1p 2848 ; 1p 2915

En la Taula 9 s'han plasmat el resultats obtinguts durant l'anàlisi FTIR per als Fòrceps. Com es pot observar, a l'hora de prendre el resultats del Fòrceps F3, hi ha alguns faltant, degut a que les senyals no es van registrar be, degut al propi material o a interferències del dispositiu. No obstant, amb les dades de la caracterització tèrmica es podrà determinar posteriorment el material.

Taula 9. Resultats FTIR dels Fòrceps.

FÒRCEPS				
	ID	Mostra	Pes (g)	FTIR nombre d'ona (cm-1)
F1	F1.1	Embalatge plàstic	9.86	1p 1942 ; 1p 1688 ; 1p 1184
	F1.2			1p 1376 ; 1p 1165 ; 1p 749 ; 1p 508
	F1.3			1p 1749 ; 1p 1335 ; 1p 1189 ; 1p 960 ; 1p 752
	F1.4	Mànec general	15.39	1p 1793 ; 1p 1539 ; 1p 1325 ; 1p 1163 ; 1p 749 ; 1p 693
	F1.5	Mànec protector blanc	0.091	1p 1792 ; 1p 1493 ; 1p 1325 ; 1p 1163 ; 1p 1056 ; 1p 766
	F1.6	Tub plàstic interior	1.48	2p 2914 2847 ; 1p 1791 ; 1p 1462 ; 1p 1325 ; 1p 1162 ; 1p 748 ; 1p 556
	F1.7	Tub plàstic exterior	4.6	2p 2914 2848 ; 1p 1791 ; 1p 1465 ; 1p 1325 ; 1p 1163 ; 1p 748 ; 1p 582
	F1.12	Mànec general groc	3.64	1p 2919 ; 1p 1558 ; 1p 1016 ; 1p 420
	ID	Mostra	Pes (g)	FTIR nombre d'ona (cm-1)
F2	F2.1	Embalatge plàstic	12.63	2p 2915 2848 ; 1p 1791 ; 1p 1463 ; 1p 1325 ; 1p 1163 ; 1p 748 ; 1p 585
	F2.2			2p 2915 2848 ; 1p 1463 ; 1p 719
	F2.3			2p 2914 2848 ; 1p 1471 ; 1p 718
	F2.4	Mànec general	15.65	3p 2851 3027 ; 3p 538 759
	F2.5	Mànec protector	0.39	1p 2927 ; 1p 1731 ; 1p 1253 ; 1p 1174 ; 1p 611
	F2.6	Tub plàstic fino	0.135	2p 2914 2847 ; 1p 1471 ; 1p 716
	F2.7	Tub plàstic exterior	4.6	2p 2913 2846 ; 1p 1463 ; 1p 719
	F2.11	Embalatge paper (cercle)	0.53	2p 2914 2847 ; 1p 1463 ; 1p 716
	ID	Mostra	Pes (g)	FTIR nombre d'ona (cm-1)
F3	F3.1	Embalatge plàstic	6.33	2p 2915 2849 ; 2p 1638-1555 ; 1p 1240 ; 1p 698
	F3.2			2p 2945 2832
	F3.3			2p 2915 2848 ; 1p 1463 ; 1p 719
	F3.4	Embalatge paper	5.11	-
	F3.5	Mànec general (gris)	23.01	1p 2870 ; 1p 1538 ; 1p 1398 ; 1p 686
	F3.6	Protector fòrceps (roig)	0.144	-
	F3.7	Tub plàstic interior	1.75	-
	F3.8	Tub plàstic exterior (gris)	1.84	1p 3287 ; 1p 2943 ; 1p 2863 ; 1p 1637 ; 1p 1554 ; 1p 1109
F3.12	Mànec general (punta roja)	2.35	1p 2870 ; 1p 1492 ; 1p 726	

Per finalitzar, la caracterització fisicoquímica es va dur a terme l'anàlisi EDX a les mostres metàl·liques dels utilatges, que es presenten a continuació en les següents taules. Els resultats EDX que apareixen en les taules següents fan referència al percentatge del pes total de la mostra, escollint els elements amb percentatges de pes més grans, ja que son els més abundants i representatius del material de la mostra. En la Taula 10 es pot veure que els elements químics predominants en cada utilatge es el Fe (Ferro) i el Cr (Crom). Així, aquestes dades ens dona una primera idea de que es pot tractar de acers inoxidables.

Taula 10. Resultats EDX per als Snares.

SNARES				
	ID	Mostra	Pes (g)	EDX (Wt %)
S1	S1.10	Ressort	0.05	Fe (17.23%) Ni (24.84%)
	S1.11	Cable general	8.75	Fe (75.72%) Cr (16.82%)
	S1.12	Cable protector	0.16	Fe (52.57%) Cr (15.61%)
	S1.13	Cable llaç	0.07	Fe (49.03%) Cr (14.44%)
	ID	Mostra	Pes (g)	EDX (Wt %)
S2	S2.9	Cable metall trenat	4.4	Fe (57.39%) Cr (17.38%)
	S2.11	Metall daurat	0.329	Fe (57.75%) Cr (16.9%)
	S2.12	Rosca	2.068	Cu (45.74%) Zn (26.03%)
	S2.13	Llaç	0.10945	Fe (64.74%) Cr (17.45%)
	ID	Mostra	Pes (g)	EDX (Wt %)
S3	S3.8	Cable general	6.8	Fe (52.47%) Cr (15.37%)
	S3.9	Cable protector	0.5	Fe (52.13%) Cr (14.76%)
	S3.10	Cable llaç	0.0624	Fe (40.02%) Cr (12.32%)

Els resultats que presenten en la Taula 11 es corresponen amb el anàlisi EDX del Hemoclips. De la mateixa manera que ocorre amb els Snares, els elements química predominants en les distintes mostres son el Fe i el Cr, a excepció de la mostra H1.11, H1.12, H1.13 i H1.12 que contenen també Ni (Níquel), Al (Alumini) i Ne (Neó).

Taula 11. Resultats EDX per als Hemoclips.

HEMOCLIPS				
	ID	Mostra	Pes (g)	EDX (Wt %)
H1	H1.10	Ressort grapa	0.097	Fe (61.8%) Cr (18.32%)
	H1.11	Ressort mango blanc	4437	Ni (55.56%) Ne (6.45%)
	H1.12	Rosca	0.146	Ni (71.99%) Fe (2.73%)
	H1.13	Clip Doble	0.056	Ni (20.59%) Al (70.98%)
	H1.14	Mànec cilindre xicotet	0.151	Fe (52.07%) Cr (16.39%)
	H1.15	Protector metàl·lic xicotet	0.091	Fe (44.94%) Cr (12.63%)
	H1.17	Ressort protector	0.544	Fe (17.66%) Cr (4.58%)
	H1.18	Grapa	1.51	Fe (58.9%) Cr (14.47%)
	ID	Mostra	Pes (g)	EDX (Wt %)
H2	H2.8	Mànec protector metall	0.232	Fe (51.92%) Cr (15.93%)
	H2.9	Tub metall intern	4.15	Fe (56.17%) Cr (16.67%)
	H2.10	Tub metall moll	41.35	Fe (29.49%) Cr (8.25%)
	H2.11	Grapa	0.215	Fe (53.12%) Cr (15.17%)
	H2.12	Ressort	0.201	Ni (65.6%) Fe (16.85%)

Per últim, es presenten el resultats EDX obtinguts per als Fòrceps en la Taula 12. En aquest assaig ens trobem altra vegada amb una gran proporció de Fe i Cr en la composició química dels diferents Fòrceps. No obstant, observem també una petita proporció de Ni en les mostres del fòrceps F2.

Taula 12. Resultats EDX per als Fòrceps.

FÒRCEPS				
	ID	Mostra	Pes (g)	EDX (Wt %)
F1	F1.8	Tub metall moll	38.04	Fe (49.81%) Cr (14.26%)
	F1.9	Tub metall intern	1.24	Fe (33.8%) Cr (9.8%)
	F1.10	Fòrceps	0.164	Fe (63.19%) Cr (17.78%)
	ID	Mostra	Pes (g)	EDX (Wt %)
F2	F2.8	Tub metall moll	18.91	Fe (64.81%) Cr (24.4%) Ni (8.33%)
	F2.9	Tub metall intern	1.62	Fe (34.48%) Cr (16.2%) Ni (6.08%)
	F2.10	Fòrceps	0.153	Fe (58%) Ni (31.7%) Cr (10.02%)
	ID	Mostra	Pes (g)	EDX (Wt %)
F3	F3.13	Metall moll	30.94	Fe (48.5%) Cr (13.46%)
	F3.9	Mango protector (metall)	0.185	Fe (65.59%) Cr (17.61%)
	F3.10	Tub metall intern	2.56	Fe (20.93%) Cr (6.07%)
	F3.11	Fòrceps	0.104	Fe (62.54%) Cr (15.13%)

4.3. DETERMINACIÓ DE MATERIALS

Una vegada es van arreplegar i estudiar els resultats obtinguts de ambdós caracteritzacions, tèrmica i fisicoquímica, es va fer una cerca bibliogràfica extensiva per determinar el material corresponent a cada component dels diferents utilitatges. Per a la determinació dels components plàstic es va partir de les dades obtingudes del TGA, DSC i FTIR, i fent una triangulació es va determinar el tipus de polímer per cadascú. Per als components metàl·lics es va fer servir dels resultats EDX, on, a partir dels percentatges es va realitzar una cerca bibliogràfica de acers quirúrgics e inoxidables i es va determinar el material corresponent.

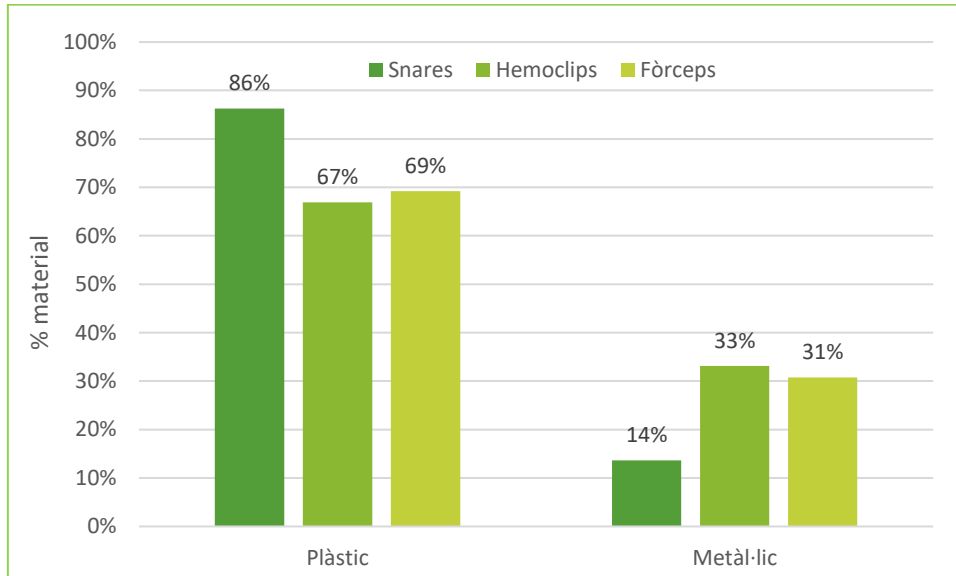
Taula 13. Determinació dels materials polimèrics.

DETERMINACIÓ DE MATERIAL POLIMÈRIC						
POLÍMER	TGA	DSC	FTIR	ID mostra		
	Td (°C)	Tm (°C)	Nombre d'ona (cm ⁻¹)			
ABS	450 - 490	100 - 125	(3000 - 2840) - (2000 - 1650)	S1.1 S1.2 S2.5 S3.1	H1.6 H2.5 H2.7	F1.4 F1.12 F2.4 F3.5 F3.8 F3.12
EVA	200 - 250	70 - 110	(2915 - 2848) - (1740) - (1464) - (1239)	S1.3	H2.2 H2.3 H2.4	F3.4
HDPE	480 - 520	120 - 130	(2909 - 2845)	-	-	-
LDPE	350 - 420	105 - 115	(2909 - 2849)	S1.7 S1.8 S1.9 S2.1 S2.7 S3.4 S2.2	H1.1 H1.3 H1.9	F1.1 F1.2 F1.3 F1.5 F1.6 F2.1 F2.2 F2.3 F2.5 F2.6 F2.7 F2.11 F3.1 F3.2 F3.3
PDMS	350 - 400	> 600	(2960 - 2850) - (1575 - 1415)	-	H1.7	-
PE	420 - 480	100 - 140	(2910 - 2854) - (1457)	S1.6 S3.5 S3.6 S3.7	H1.2 H1.4 H1.5 H1.1 H2.6	-
PET	280 - 300	240 - 260	(1714) - (1580) - (1462) - (1246) - (1098) - (1013) - (971; 887)	S2.2 S2.3 S2.4	-	F1.7
PP	420 - 430	130 - 170	(2953; 2917; 2875; 2841) - (1457) - (1164) - (812)		H1.8	-
PTFE	500 - 580	300 - 327	(2920 - 2850) - (1197 - 1140)	S1.4 S1.5 S2.6 S2.8	-	F3.7

Taula 14. Determinació del material metàl·lic.

DETERMINACIÓ DE MATERIAL METÀL·LIC				
ACER INOXIDABLE	EDX	ID mostra		
	(Wt%)			
301	Cr: 16 - 18 Ni: 6 - 8	S3.8 S3.9 S3.10	H1.15 H1.18	F1.9 F2.10 F3.13 F3.11
302	Cr: 16 -19 Ni: 6 - 10	S1.12	-	-
304	Cr: 18 - 20 Ni: 8 - 10,5	S1.11 S1.13 S2.9 S2.10	H1.10 H1.14 H2.8 H2.9	F2.8
316	Cr: 18 - 20 Ni: 8 - 13	-	H2.10	F1.8 F3.9
420	Cr: 12 - 14	-	H1.17	F3.10
430	Cr: 16 - 18	-	-	F1.10
631	Cr: 16 - 17,5 Ni: 6 - 7,5	-	H2.11	-
800	Cr: 10 - 12 Ni: 30%			F2.9
Aliatge Ni	Ni (65.6%) Fe (16.85%)	-	H1.11 H1.13 H2.12	-
C360	Cr: 60% Ni: 40%	S2.11	-	-
Cr-Ni	Ni (43.11%) Cr (8.49%)	S1.10	-	-
Ni-Al	Ni (90.04%) Al (0.44%)	-	H1.12	-

Una vegada es van confirmar els materials de fabricació dels utillatges es va realitzar una gràfica comparativa per poder veure a simple vista la proporció plàstica i metàl·lica de cada utillatge (Snares, Hemoclips i Fòrceps).



Gràfica 2. Comparativa dels materials de fabricació dels utillatges en %.

Tal i com es pot observar en la Gràfica 2 els Snares són els que més components polimèrics presenten i menys parts metàl·liques. Aquest resultat pot donar a pensar que aquells components en no contacte directe amb el pacient podrien reciclar-se, com poden ser els mànecs. Si ens fixem ara en els Hemoclips i Fòrceps no existeix gran diferència en ambdós percentatges dels materials plàstic i metàl·lics.

4.4. CÀLCUL DE LA PETJADA DE CARBONI EN OPENLCA

Després de haver determinat els materials corresponents a cada component dels utillatges estudiats, es va passar a analitzar el cicle de vida d'aquests, mitjançant el software OpenLCA que ja ha sigut mencionat en la introducció. El resultat final és la petjada de carboni derivada del ús d'aquestes ferramentes d'endoscòpia.

Per a dur a terme el ACV (Anàlisi del Cicle de Vida) s'han seguit els següents punts:

1. Obtenir les dades de inventari: aquests són els materials que es van identificar en el punt anterior. Que es corresponen amb els fluxos de entrada i eixida.
2. Seleccionar les metodologies i bases de dades: per a avaluar l'impacte ambiental dels diferents utillatges es va seleccionar la metodologia *Environmental Footprint* i la base de dades *ef_secondarydata_202202*.

3. Executar l'anàlisi del cicle de vida: una vegada s'havien recopilat totes les dades necessàries de inventari i es tenien les metodologies i la base de dades seleccionada, es llançava el anàlisi per mitjà del OpenLCA.
4. Interpretar els resultats: finalment, es van interpretar els resultats obtinguts del ACV, entre els quals s'inclouen la identificació de les etapes del cicle de vida que major impacte ambiental generen, quins materials contaminen més i avaluació de mesures per a reduir aquests impactes.

4.4.1. VISTA DEL SOFTWARE OPENLCA

Amb el OpenLCA obert, en primer lloc van muntar la base de dades i els mètodes de avaluació de impactes, una vegada carregats la vista del programa es pot veure en la Figura 22.

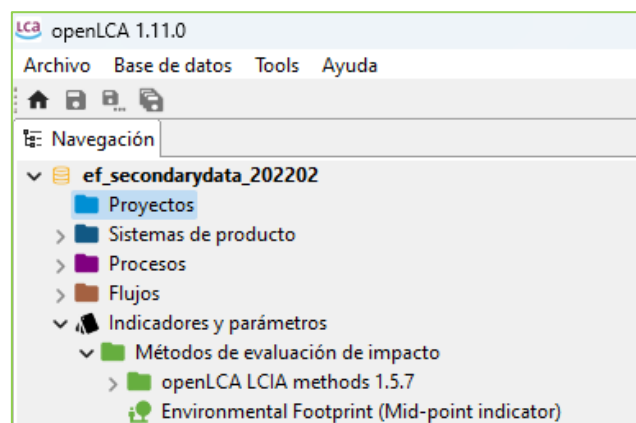


Figura 22. Vista inicial del OpenLCA

Per començar amb el anàlisi del cicle de vida, primer s'introdueix les entrades i eixides del producte en qüestió, en aquest cas dels diferents utilitatges. En les entrades es van introduir els materials de fabricació, que van identificar en el punt 4.3, i la eixida es correspon amb el producte final obtingut, tal i com es pot veure en la Figura 23.

P Entradas/Salidas: Snare A									
▼ Entradas									
Flujo	Categoría	Cantidad	Unidad	Costes/l...	Incertidu...	Avoided ...	Proveed...	Entrada ...	Descrip...
F ₂ Acrylonitrile butadiene sty...	Materials productio...	23.09000	g		none		P Acryl...		
F ₂ Ethylene vinyl acetate cop...	Materials productio...	0.75000	g		none		P Ethyl...		
F ₂ LDPE granulates	Materials productio...	8.36000	g		none		P LDPE...		
F ₂ PE granulates	Materials productio...	8.76000	g		none		P PE gr...		
F ₂ Polytetrafluoroethylene gr...	Materials productio...	14.59000	g		none		P Polyt...		
F ₂ Stainless steel (hot rolled)	Materials productio...	8.98000	g		none		P Stain...		
F ₂ Tin plated chromium steel...	Materials productio...	0.05000	g		none		P Tin p...		
▼ Salidas									
Flujo	Categoría	Cantidad	Unidad	Costes/l...	Incertidu...	Product...	Proveed...	Entrada ...	Descrip...
F ₂ fabricació Snare A - ES		64.59000	g		none				

Figura 23. Creació del procés de fabricació.

Una vegada van introduir tota la informació necessària en les entrades i eixides, van seguir a crear el sistema de producte. En la següent figura es pot observar que el sistema de producte requereix d'un procés de referència, que és el procés de fabricació creat prèviament.

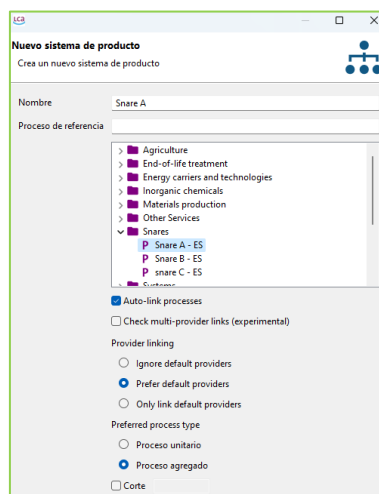


Figura 24. Sistema de producte.

Amb el sistema de producte creat, van executar la anàlisi de la petjada de carboni. Per allò, es selecciona prèviament les propietats del càlcul, que són el mètode d'assignació, el mètode devaluació de impacte i el tipus de càlcul, tal i com es pot observar en la Figura 25.

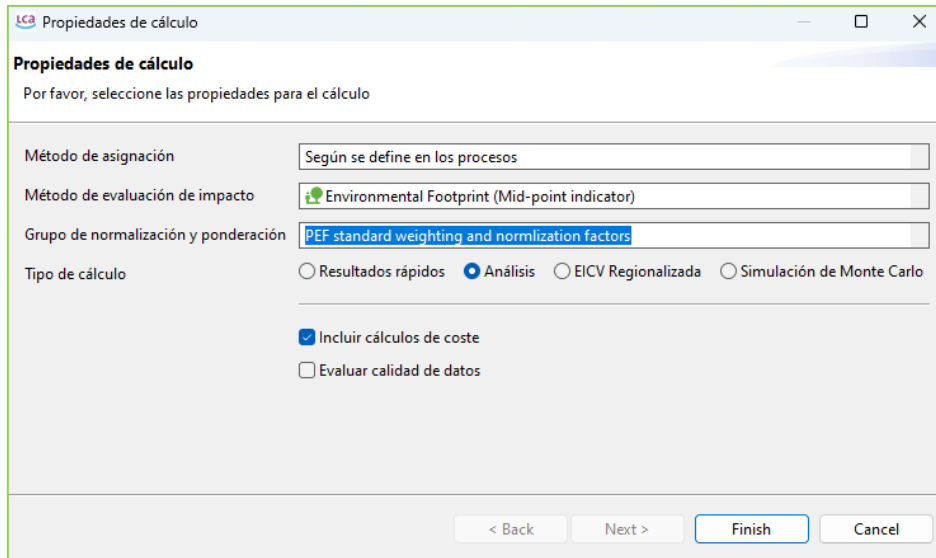


Figura 25. Propietats del càlcul.

Una vegada s'ha executat el càlcul, el OpenLCA proporciona els resultats del anàlisi tal i com es pot veure en la Figura 26.

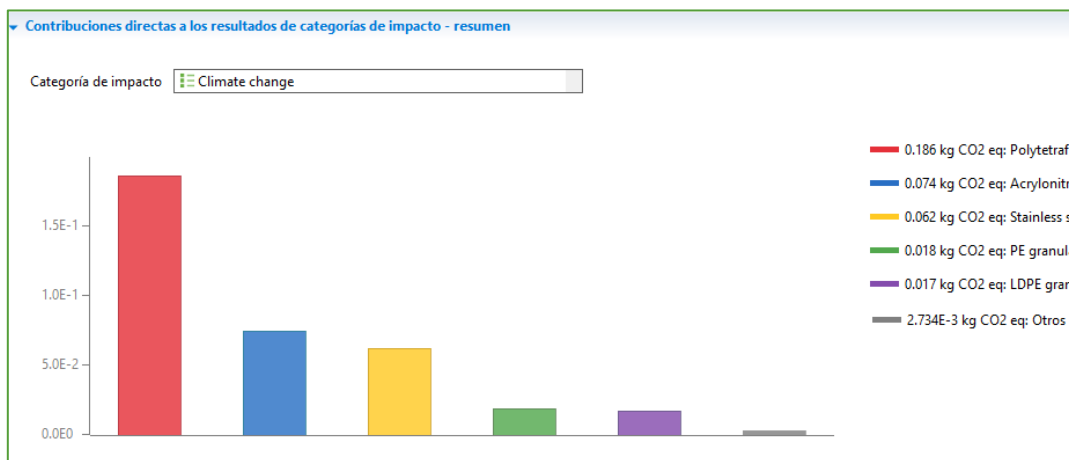


Figura 26. Resultat de la petjada de carboni en OpenLCA.

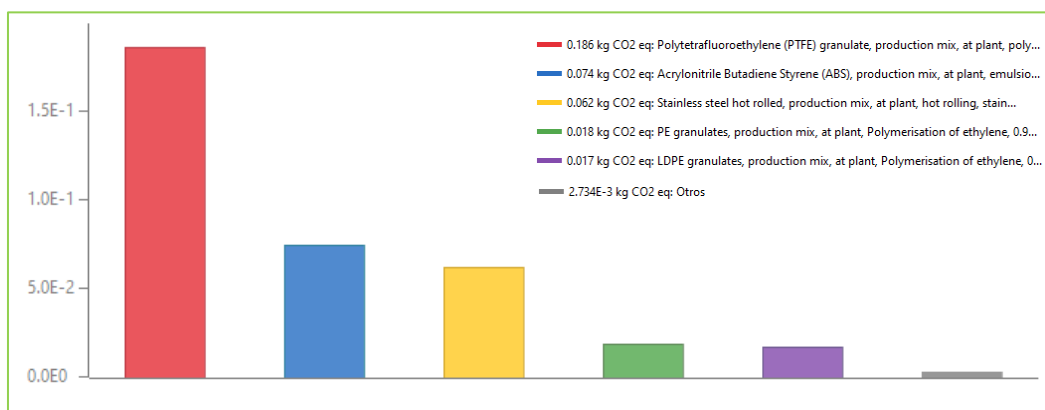
4.4.2. PETJADA DE CARBONI GENERADA PER LA FABRICACIÓ DELS DIFERENTS UTILLATGES

OpenLCA proporciona diferents tipus de resultats de la anàlisi de la petjada de carboni, no obstant, hem triat aquells més representatius, on es pot veure de forma clara el material que més contribueix a la quantitat de kgCO₂eq derivat de la fabricació d'aquests instruments d'endoscòpia. Després de haver vist com s'ha realitzat el ACV, es presenten els resultats de la petjada de carboni per a cada utillatge, a més s'han realitzat un par de gràfics comparatius on es pot identificar de manera més visual els materials predominants en la fabricació dels tres tipus d'utillatges i quin dels tres presenta una petjada de carboni major.

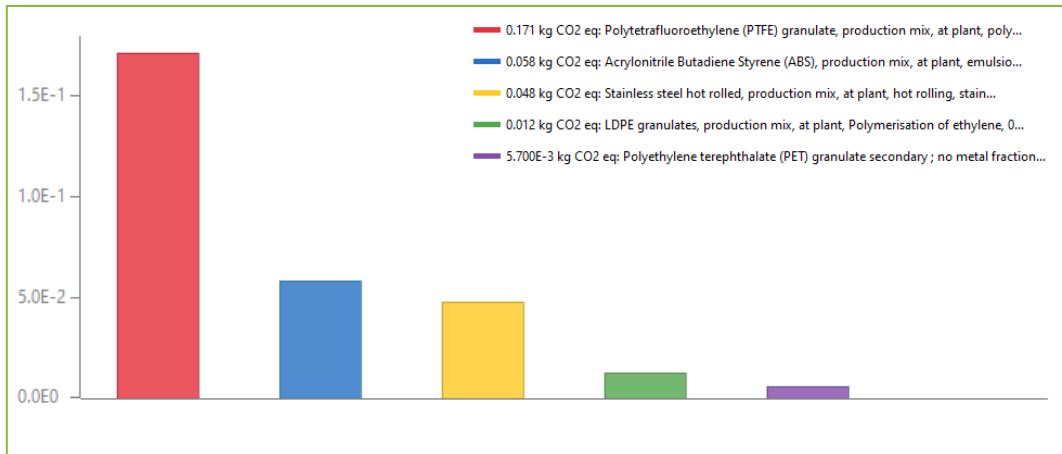
Taula 15. Petjada de carboni de Snares.

SNARES					
Categoria d'impacte	Material	Resultat	Unitat de referència		
Canvi climàtic	PTFE	0,186	0,357	kgCO ₂ eq	S1
	ABS	0,074			
	Acer inoxidable	0,062			
	PE	0,018			
	LDPE	0,017			
	PTFE	0,171	0,289	kgCO ₂ eq	S2
	ABS	0,058			
	Acer inoxidable	0,048			
	LDPE	0,012			
	ABS	0,084	0,164	kgCO ₂ eq	S3
	Acer inoxidable	0,051			
	LDPE	0,029			

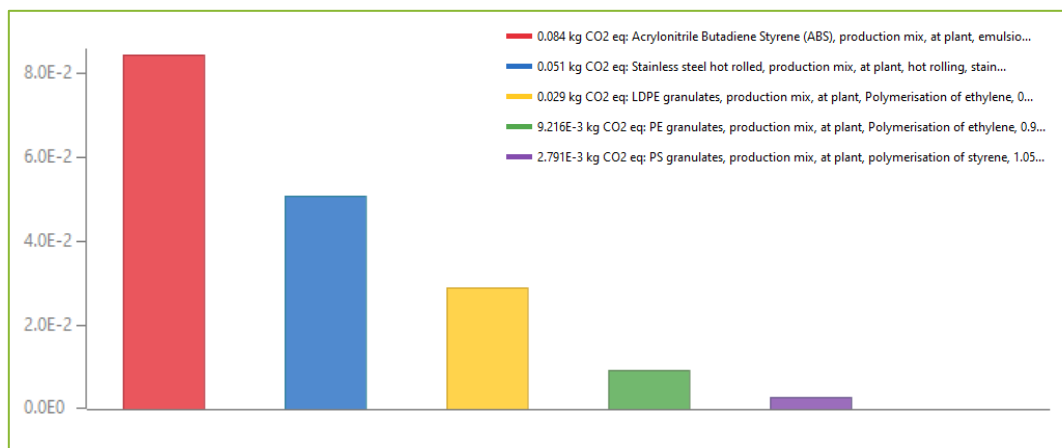
En els resultat gràfics de cada utilatge es pot observar els kgCO₂eq generats per cada material. Per al cas del S1 i del S2, el polímer PTFE és amb diferencia el que més aporta a la quantitat total de la petjada de carboni d'aquests productes. No obstant, en el cas del S3 el polímer predominant es el ABS. El polímer PET per exemple, al generar una quantitat negativa, no s'ha tingut en compte en la taula de resultats, presentada anteriorment. Aquesta premissa s'ha considerat també en els resultat dels Hemoclips i Fòrceps que es presenten a continuació.



Gràfica 3. Resultat gràfic de la petjada de carboni generada per cada material per al S1.



Gràfica 4. Resultat gràfic de la petjada de carboni generada per cada material per a S2.

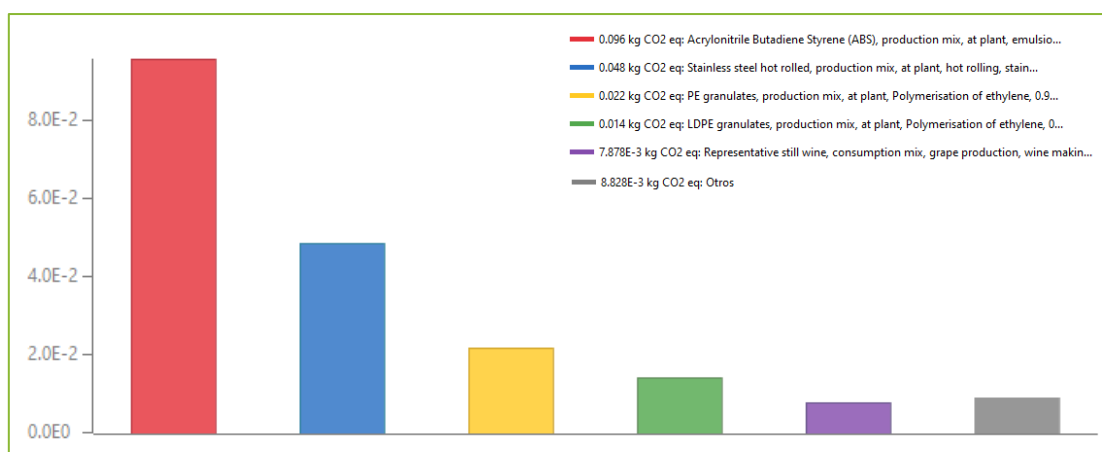


Gràfica 5. Resultat gràfic de la petjada de carboni generada per cada material per a S3.

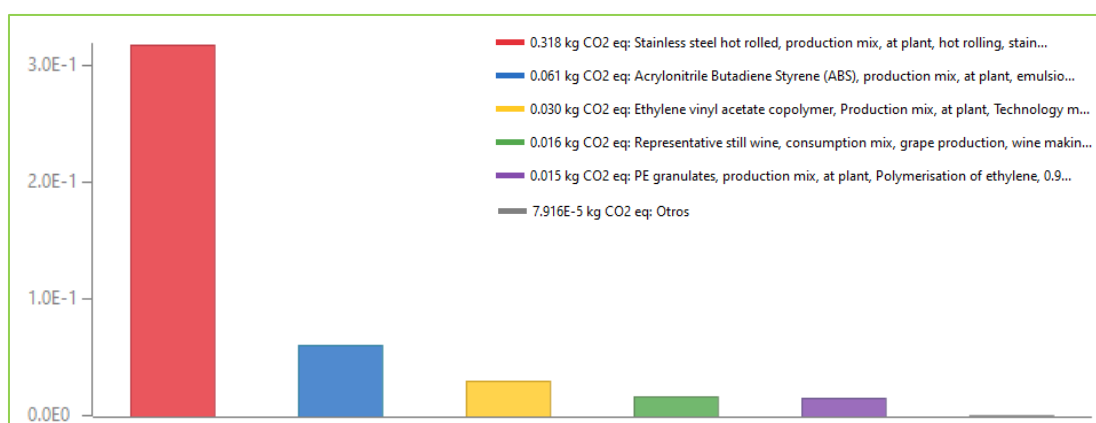
Com es pot observar en la Taula 16 per al utilatge H2, l'acer inoxidable confereix la totalitat de la quantitat total de kgCO₂eq del producte, degut al pes del seu component metàl·lic (Taula 11), la petjada de carboni es superior en comparació amb aquells utilatges menys rics en components metàl·lics, com pot ser el H1.

Taula 16. Petjada de carboni de Hemoclips.

HEMOCLIPS					
Categoria d'impacte	Material	Resultat		Unitat de referència	
Canvi climàtic	ABS	0,096	0,180	kgCO ₂ eq	H1
	Acer inoxidable	0,048			
	PE	0,022			
	LDPE	0,014			
	Acer inoxidable	0,318	0,424	kgCO ₂ eq	H2
	ABS	0,061			
	EVA	0,030			
	PE	0,015			



Gràfica 6. Resultat gràfic de la petjada de carboni generada per cada material per a H1.

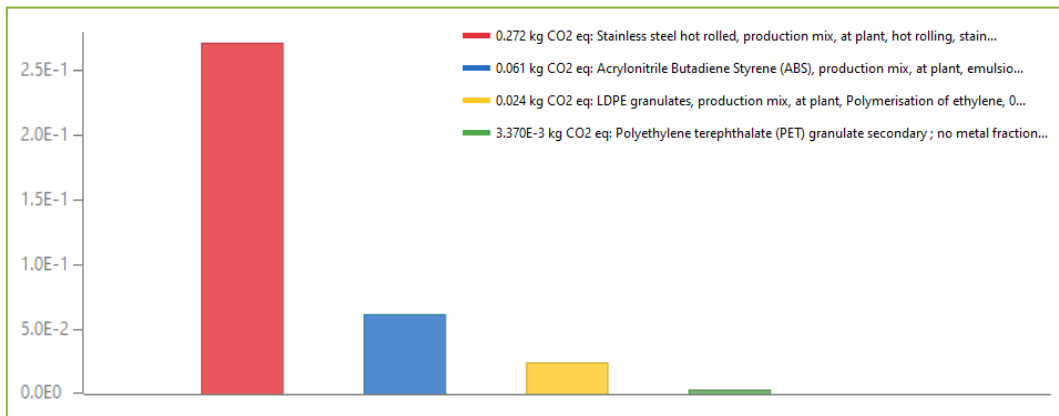


Gràfica 7. Resultat gràfic de la petjada de carboni generada per cada material per al H2.

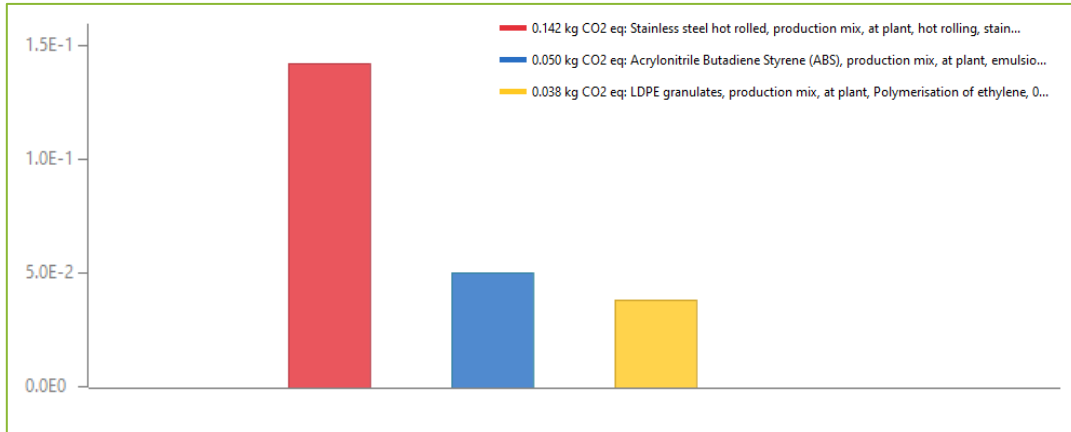
Finalment es presenten en la Taula 17 els resultats corresponents a la petjada de carboni dels Fòrceps. Ací es pot observar que la major quantitat de kgCO₂eq l'aporta els acers inoxidable, degut al pes que presenten els tubs metàl·lics dels Fòrceps ja que son els materials predominants d'aquests (Taula 12).

Taula 17. Petjada de carboni per a Fòrceps.

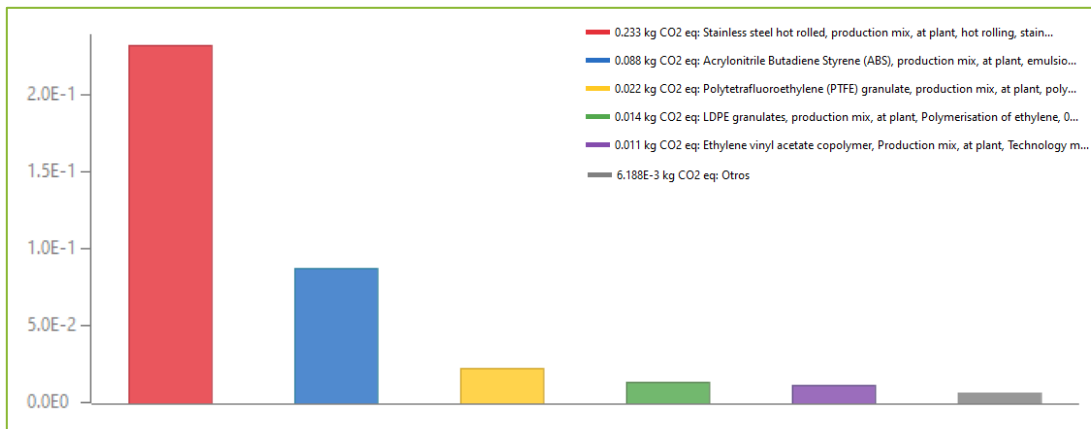
FÒRCEPS						
Categoria d'impacte	Material	Resultat		Unitat de referència		
Canvi climàtic	Acer inoxidable	0,272	0,357	kgCO ₂ eq	F1	
	ABS	0,061				
	LDPE	0,024				
	Acer inoxidable	0,142	0,230	kgCO ₂ eq	F2	
	ABS	0,050				
	LDPE	0,038				
	ABS	0,088	0,368	kgCO ₂ eq	F3	
	Acer inoxidable	0,233				
	PTFE	0,022				
	LDPE	0,014				
	EVA	0,011				



Gràfica 8. Resultat gràfic de la petjada de carboni de cada material per a F1.

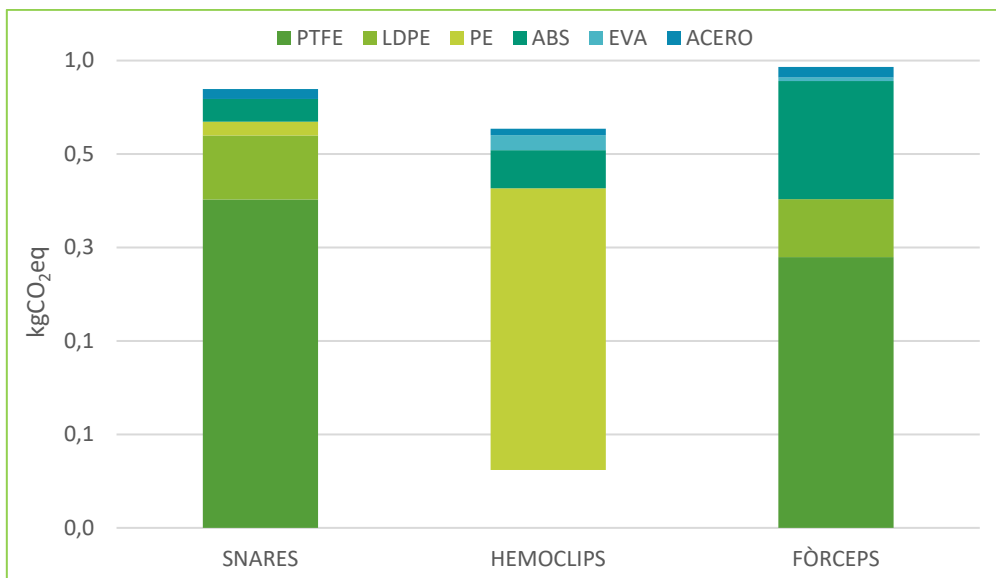


Gràfica 9. Resultat gràfic de la petjada de carboni de cada material per a F2.



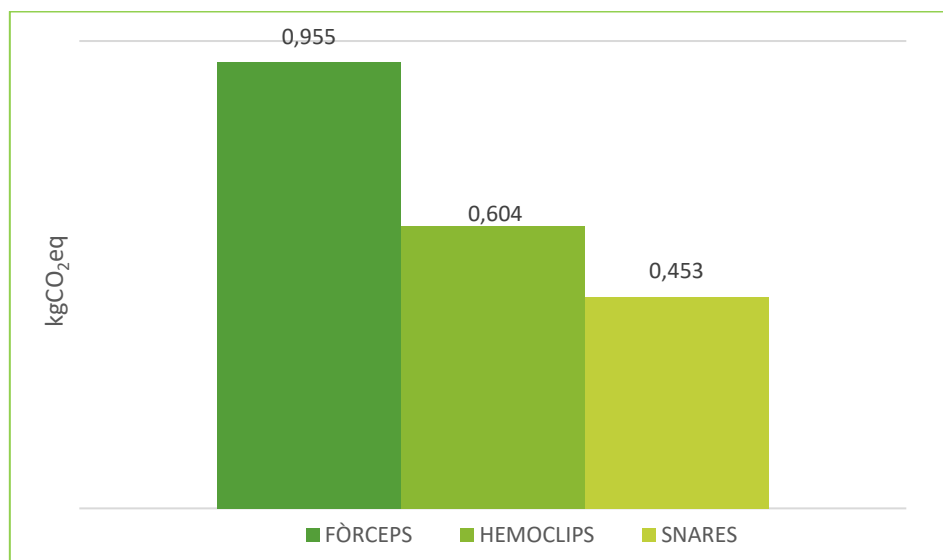
Gràfica 10. Resultat gràfic de la petjada de carboni de cada material per a F3.

Per finalitzar els resultats de la petjada de carboni dels utilatges, es va realitzar una gràfica global dels materials components de cada utilatge, i una gràfica comparativa per a veure d'una forma clara quin dels tres utilatges contribueix més a la problemàtica ambiental del canvi climàtic amb l'emissió de gasos d'efecte hivernacle.



Gràfica 11. Petjada de carboni dels utilatges segons materials de fabricació.

En la Gràfica 11 es presenten de forma conjunta la petjada de carboni de cada tipus d'utilatge segons el material de fabricació, on es pot observar a primera vista el material més contribuent a la quantitat de kgCO₂eq, sent en el cas dels Snares i els Fòrceps el polímer PTFE, mentre que en els Hemoclips aquest polímer és inexistent.



Gràfica 12. Comparativa global de kgCO₂eq generada per cada utilatge.

Per finalitzar amb els resultats de la petjada de carboni en la Gràfica 12 es presenten de forma conjunta la petjada de carboni de cada tipus d'utilatge. Podem afirmar que els Fòrceps són els utilatges que més petjada de carboni generen en la seua eliminació, i per tant, contribueixen de forma negativa al canvi climàtic, augmentant la emissió de gasos d'efecte hivernacle.

5. CONCLUSIONS

Després de haver analitzat i caracteritzat els instruments d'endoscòpia d'un sol ús, el següent treball ens ha aportat a extraure diverses conclusions en relació amb la determinació de la petjada de carboni d'aquests utilitatges.

En primer lloc, la fabricació dels instruments d'endoscòpia d'un sol ús ha resultat tindre una petjada de carboni significativa, degut al consum d'energia i materials durant tot el procés de fabricació. A aquest procés s'ha de sumar la eliminació d'aquests utilitatges, ja que al ser d'un sol ús i degut a la seua classificació com productes sanitaris de classe IIb, el seu procés de eliminació es la incineració, lo qual contribueix de manera significativa a la emissió de gasos d'efecte hivernacle.

En segon lloc, com s'ha vist en els resultats obtinguts en OpenLCA, la major part d'aquests instruments estan fabricats de materials plàstics, no obstant, s'ha vist que els acers quirúrgics també presenten una important participació en la petjada de carboni, ja que els Fòrceps i Hemoclips que compten amb una part important de component metàl·lics son els que més kgCO₂eq produïxen generant un impacte notable en la petjada de carboni. Existixen alternatives més sostenibles, com pot ser la utilització de mètodes de esterilització i reutilització d'instruments d'endoscòpia, com passa amb els endoscòpis reutilitzables, que reduïx significativament la petjada de carboni derivada d'aquesta unitat de salut.

Per finalitzar, es important considerar la petjada de carboni a l'hora de prendre decisions en torn a la compra d'instruments d'endoscòpia d'un sol ús i promoure pràctiques més sostenibles en la atenció mèdica, ja que aquesta problemàtica no sols es troba es aquest servei de salut, sinó en tot l'entorn sanitari, des de hospitals fins a centres de salut. Per allò, es crucial comprendre el seu impacte ambiental i trobar formes més sostenibles de proporcionar una atenció mèdica d'alta qualitat.

6. TREBALL EN PROCÉS I FUTUR

En relació amb el treball en procés i futur sobre aquesta problemàtica de la elevada utilització dels instruments d'endoscòpia d'un sol ús i la seua petjada de carboni, es poden considerar les següents línies d'investigació:

1. Ampliar el abast del anàlisi: es podria realitzar el mateix anàlisi a nivell regional, nacional o global per a obtenir una idea més completa de la petjada de carboni que produïxen aquests instruments. Aquesta extrapolació permetria identificar patrons i tendències en la producció i eliminació d'aquests instruments.
2. Investigar alternatives més sostenibles: seria interessant explorar alternatives de materials més sostenibles per a la seua fabricació, o tècniques de esterilització dissenyades per a aquests tipus d'utilitatges plàstics, que no siguen tan abrasives. De manera que es pugui contribuir a la reducció de la petjada de carboni i promoure pràctiques mèdiques més empàtiques amb el medi ambient.
3. Estudi del cicle de vida: amb un estudi més complet del cicle de vida d'aquest instruments, des de la extracció de les matèries primes fins a la seua eliminació, permetria identificar àrees crítiques en les quals es podria reduir la petjada de carboni.
4. Sensibilització i educació: es de vital importància sensibilitzar i educar al personal sanitari com a la població en general, de forma que es pugui conscienciar de la importància de dur a terme pràctiques mèdiques més sostenibles per a reduir els residus generats d'aquest servei de salut i col·laborar amb el medi ambient. Aquesta pràctica podria contribuir de manera positiva a la reducció de la demanda de instruments d'endoscòpia d'un sol ús i disminuir així la seua petjada de carboni.

7. BIBLIOGRAFIA

- Agrawal, D., & Tang, Z. (2021). Sustainability of Single-Use Endoscopes. *Techniques and Innovations in Gastrointestinal Endoscopy*, 23(4), 353–362. <https://doi.org/10.1016/j.tige.2021.06.001>
- Ángel Pérez del Pino. (2003). *CAPÍTULO II: EQUIPO EXPERIMENTAL Y TÉCNICAS DE*.
- Arney, D., Venkatasubramanian, K. K., Sokolsky, O., & Lee, I. (2011). Biomedical devices and systems security. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*, 2376–2379. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2011.6090663>
- Arun Kumar, P. (2021). Regulating Environmental Impact of Medical Devices in the United Kingdom—A Scoping Review. *Prosthesis*, 3(4), 370–387. <https://doi.org/10.3390/prosthesis3040033>
- Asociaci, X. I. J., Enfermer, O. L. A., Digestiva, P., & Fust, D. (2002). *Taller Refinada Tecnología*.
- Baeyens, A., & Goffin, T. (2015). European Court of Justice. *European Journal of Health Law*, 22(5), 508–516. <https://doi.org/10.1163/15718093-12341375>
- De Groen, P. C. (2017). History of the Endoscope [Scanning Our Past]. *Proceedings of the IEEE*, 105(10), 1987–1995. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2017.2742858>
- Del, H. C., Boyd, A. R., & Ashby, B. (2019). *Salud a La Crisis Climática Global : Espectrómetro Compacto FTIR Alpha Bruker*. (n.d.). Retrieved February 19, 2023, from <https://www.solardatalab.com/alpha>
- Espectroscopia de Rayos X Dispersivo en Energía EDX - Cromtek*. (n.d.). Retrieved May 22, 2022, from <https://www.cromtek.cl/producto/edx/>
- García, A. (2013). *OpenLCA, software para Análisis del Ciclo de Vida*. 2–4. <https://geneticadesign.com/openlca/>
- Goals Archive - The Global Goals*. (n.d.). Retrieved April 20, 2022, from <https://www.globalgoals.org/goals/>
- Guzmán, A. (2009). Análisis de los espectros de infrarrojo. *Manual de Laboratorio de Análisis Instrumental*, 54–56.
- Hemalatha, R. J., Chandrasekaran, R., Thamizhvani, T. R., Josephin Arockia Dhivya, A., Sangeethapriya, K., Keerthana, A., & Srividhya, G. (2019). Biomedical instrument and automation: Automatic instrumentation in biomedical engineering. In *Handbook of Data Science Approaches for Biomedical Engineering*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818318-2.00003-9>
- INNOVATION, A. (2020). *Microscopía electrónica de barrido (SEM), ¿para qué me sirve? | Atria*. https://www.atriainnovation.com/microscopia-electronica-de-barrido-sem-utilidades/#¿Que_es_la_microscopia_electronica_de_barrido_o_SEM
- Instinct*. (2002). 8800(Cdmx), 8800.
- Karliner, J., Slotterback, S., Boyd, R., Ashby, B., & Steele, K. (2019). Huella Climática del Sector de la Salud. *Arup*, 1, 52. [https://saludsindanio.org/sites/default/files/documents-files/5953/1%29 Huella climática del sector salud - Reporte en español_0.pdf](https://saludsindanio.org/sites/default/files/documents-files/5953/1%29%20Huella%20clim%C3%A1tica%20del%20sector%20salud%20-%20Reporte%20en%20espa%C3%B1ol_0.pdf)
- Ley 7. (2022). *De Residuos Y Suelos Contaminados Para Una Economía Circular*. 48578. <https://www.boe.es>
- Llorente Uceta, Miguel Ángel; Horta Zubiaga, A. (1991). *Técnicas de caracterización de polímeros (1º)*. UNED Ediciones, Madrid.
- Material auxiliar en endoscopia digestiva. (2003). *Jornada Nacional AEEED*, 51.
- MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica). (2018). Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización. *Gobierno de España*, 52. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf
- Rivero Fernández, M., González Martín, J. Á., & Vázquez-Sequeiros, E. (2010). Aplicaciones de los clips en la

terapéutica endoscópica actual. *Gastroenterología y Hepatología*, 33(3), 171–178.
<https://doi.org/10.1016/j.gastrohep.2009.04.006>

Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development | Department of Economic and Social Affairs. (n.d.). Retrieved April 20, 2022, from <https://sdgs.un.org/2030agenda>

Ue, R., Parlamento, D. E. L., & Del, E. Y. (2017). *178/2002 y el Reglamento (CE) n. 2013(2)*, 1–228.

United Nations. (2020). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2020. *Onu*, 68.
<https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/>

Valencia, G., & Valenciano, G. (1994). *Conselleria de sanitat iconsum conselleria de medi ambient 2688*. 14438–14446.

Villegas, E. (2012). *Caracterización de polímeros aplicando el método termogravimétrico*. 25–32.

8. ANNEXOS

8.1. ANNEX I. RELACIÓ DEL TREBALL FI DE MÁSTER AMB ELS OBJECTIUS DE DESENVOLUPAMENT SOSTENIBLE DE L'AGENDA 2030

Objectius de Desenvolupament Sostenible		Alt	Mitjà	Baix	No procedeix
ODS 1.	Fi de la pobresa				X
ODS 2.	Fam cero				X
ODS 3.	Salut i benestar		X		
ODS 4.	Educació de qualitat			X	
ODS 5.	Igualtat de genere				X
ODS 6.	Aigua neta i sanejament		X		
ODS 7.	Energia assequible i no contaminant			X	
ODS 8.	Treball decent i creixement econòmic	X			
ODS 9.	Indústria, innovació i infraestructures	X			
ODS 10.	Reducció de les desigualtats				X
ODS 11.	Ciutats i comunitats sostenibles		X		
ODS 12.	Producció i consum responsables	X			
ODS 13.	Acció per el clima	X			
ODS 14.	Vida submarina		X		
ODS 15.	Vida de ecosistemes terrestres		X		
ODS 16.	Pau, justícia i institucions sòlides				X
ODS 17.	Aliances per aconseguir objectius				X

Aquest treball presenta una important vinculació amb diversos ODS de l'agenda 2030, ja que posa de manifest la problemàtica ambiental actual de l'augment de l'efecte hivernacle a causa de la gran quantitat de gasos d'efecte hivernacle que s'emeten durant la eliminació de productes sanitaris com son els instruments d'endoscòpia d'un sol ús. Els resultats de caracterització presentats posa de manifest la possibilitat de reciclar certes parts d'aquest utilitatges, ja que estan fabricat amb materials polimèric presents en productes ja reciclables com botelles de plàstics (PET).

Que instruments sanitaris d'aquests tipus es pugen reutilitzar o reciclar supondria una gran innovació en el sector sanitari i en la fabricació d'aquests components, ja que supondria una reducció dels gastos econòmics relacionats amb la seua fabricació i eliminació.

DOCUMENT 2: PRESSUPOST

ÍNDEX

1. ABAST I DESENVOLUPAMENT DEL PRESSUPOST	72
1.1. QUADRE DE PREUS DE RECURSOS PER CLASSE	72
1.2. QUADRE DE MEDIACIONS I PRESSUPOST	74
1.3. QUADRE DE PRESSUPOST RESUMIT	79
1.4. QUADRE DE RESUM DE CAPÍTOLS	80

1. ABAST I DESENVOLUPAMENT DEL PRESSUPOST

El pressupost del present Treball de Fi de Màster compren els costos corresponents a la realització de les diferents activitats en els laboratoris del Centre de Biomaterials i Enginyeria Tissular de la UPV, així com els costos relacionats amb el plantejament, gestió i seguiment del treball. Per tant, l'objectiu principal d'aquest pressupost es calcular els costos de execució material per a obtindre, en definitiva, el pressupost total que ha suposat dur a terme aquest treball.

El pressupost de execució de material el componen principalment tres seccions: el costos de mà d'obra, la maquinària i el material que s'ha empleat en les diferents tècniques. A més, es reflecteixen alguns costos auxiliars de cadascuna de les tècniques empleades. A continuació, en els següents apartats es presenten una serie de quadres pressupostaris que reflecteixen els costos que s'han dut a terme. En tots ells, la unitat de mesura es l'euro, tant per a la columna preu, com per a les columnes d'imports.

En la secció de maquinària en el càlcul de cost s'ha tingut en compte el preu d'amortització, que es considera de 10 anys en total les màquines que s'han utilitzat en el present treball. En quant als mitjans auxiliars s'ha considerat un cost addicional del 2% del total de partida. I, per últim, s'han tingut en compte altres factors a l'hora de elaborar el pressupost total del present treball que son els costos generals, 13%, el benefici industrial, un 6% i el IVA, que suposa el 21%.

1.1. QUADRE DE PREUS DE RECURSOS PER CLASSE

A continuació, es presenten de forma ordenada els recursos classificats per mà d'obra, maquinària, materials i mitjans auxiliars junt amb el preus de cadascú d'ells.

QUADRE DE PREUS PER CLASSE		
Codi	Descripció	Preu (€)
1	Mà d'obra	
MO.DIR	h Enginyer investigador	10,00
MO.INV	h Director del projecte	25,00
MO.TLAB	h Tècnic de laboratori	8,00
2	Maquinària	
MAQ.		
MAQ.BLZ	h Balança Mettler AX205	0,01
MAQ.DSC	h Calorimetria Diferencial D'escombratge DSC 8000	1,55
MAQ.FESEM	h Microscopi electrònic de rastreig d'emissió (FESEM)	5,00
MAQ.FTIR	h Bruker FTIR Alpha Espectrofotòmetre	0,23
MAQ.TGA	h Analitzador termogravimètric TGA/DSC 2	2,00

3	Material	
MAT.		
MAT.ACE	l Acetona Sigma Aldrich 99.5% puresa	0,15
MAT.AD	l Aigua destil·lada	0,60
MAT.AL	u Alicates	2,50
MAT.BF	u Bufador	5,00
MAT.BL	u Bata laborator	14,90
MAT.BP	u Bosses plàstic mostra	0,03
MAT.CA	u Càpsula d'alumini	36,00
MAT.CA1	u Coberta d'alumini	30,00
MAT.CGL	u Caixa guants làtex 30 unitats	5,72
MAT.CGN	u Caixa guants nitril 30 unitats	7,00
MAT.CP	u Càpsula de platí	55,00
MAT.DS	l Desengreixador	1,20
MAT.ENC	u Encapsuladora de càpsules DSC Perkin Elmer	0,02
MAT.EPP	u Tub eppendorf 0.5 ml	0,01
MAT.EPP1	u Tub eppendorf 1.5 ml	0,01
MAT.ET	l Etanol Sigma Aldrich 99.9% puresa	0,50
MAT.FA	u Fòrcep A	19,00
MAT.FB	u Fòrcep B	23,00
MAT.FC	u Fòrcep C	28,00
MAT.GBF	l Gas bufador	0,30
MAT.GP	u Got precipitats 500 ml	2,15
MAT.HCA	u Hemoclip A	27,00
MAT.HCB	u Hemoclip B	24,00
MAT.NIT	u Bala nitrogen	61,60
MAT.OXI	u Bala oxigen	50,00
MAT.PC	u Pinces	1,00
MAT.PO	u Portaobjectes	10,00
MAT.RL	u Retolador permanent	1,50
MAT.SNA	u Snare A	20,00
MAT.SNB	u Snare B	22,00
MAT.SNC	u Snare C	25,00
MAT.TC	u Tira carboni	3,00
MAT.TS	u Tisores	1,00
MAT.UI	u Ulleres integrals	5,77
4	Softwares	
SW.OLCA	h OpenLCA	0,00
5	Mitjà auxiliar	
C.AUX	Costos auxiliars 2%	

1.2. QUADRE DE MEDIACIONS I PRESSUPOST

En el següent apartat es presenten cadascuna de les unitats de mà d'obra executades durant el projecte i, en cada apartat corresponent a les diferents activitats executades, es defineixen els recursos emprats i els seus respectius costos, obtenint com a resultat el preus de mà d'obra per unitat i el pressupost de execució del material.

MEDICIONS I PRESSUPOST					Pàg: 1	
Preparació i classificació de mostres						
Nº ordre	Descripció de les unitats d'obra			Medició	Preu (€)	Import (€)
	Preparació i classificació de mostres					
01-01	Fase de especejament					
	MO.DIR	h	Director del projecte	20,00	25,00	500,00
	MO.INV	h	Enginyer del projecte	20,00	10,00	200,00
	MAT.AL	u	Alicates	1,00	2,50	2,50
	MAT.TS	u	Tisores	1,00	1,00	1,00
	MAT.BP	u	Bosses plàstic	241,00	0,03	7,23
	MAT.RL	u	Retolador permanent	2,00	10,00	20,00
	MAT.PC	u	Pinces	2,00	1,00	2,00
	MAQ.BLZ	u	Balança Metler AX205	1,00	0,01	0,01
	C.AUX		Costes auxiliars 2%	0,02	1214,43	24,29
			Classe: mà d'obra			700,00
			Classe: Maquinària			0,01
			Classe: Material			32,73
			Classe: Mitjà auxiliar			24,29
			Total partida 01-01	1,00	757,03	757,03
			Total capítol			757,03

Assaigs de caracterització					
02-01	Anàlisi Termogravimètric (TGA)				
	MO.DIR	h Director del projecte	20,00	25,00	500,00
	MO.INV	h Enginyer del projecte	20,00	10,00	200,00
	MO.TLAB	h Tècnic de laboratori	1,00	8,00	8,00
	MAQ.TGA	h Analitzador termogravimètric TGA/DSC 2	107,25	2,00	214,50
	MAT.ACE	l Acetona Sigma Aldrich 99.5% puresa	0,50	0,15	0,08
	MAT.BF	u Bufador	1,00	5,00	5,00
	MAT.BL	u Bata laboratori	1,00	14,90	14,90
	MAT.CGL	u Caixa guants làtex 30 unitats	5,00	5,72	28,60
	MAT.CP	u Càpsula de platí	7,00	55,00	385,00
	MAT.ET	l Etanol Sigma Aldrich 99.9% puresa	0,50	0,50	0,25
	MAT.FA	u Fòrcep A	1,00	19,00	19,00
	MAT.FB	u Fòrcep B	1,00	23,00	23,00
	MAT.FC	u Fòrcep C	1,00	28,00	28,00
	MAT.GBF	u Gas bufador	1,00	0,30	0,30
	MAT.HCA	u Hemoclip A	1,00	27,00	27,00
	MAT.HCB	u Hemoclip B	1,00	24,00	24,00
	MAT.PC	u Pinces	1,00	1,00	1,00
	MAT.SNA	u Snare A	1,00	20,00	20,00
	MAT.SNB	u Snare B	1,00	22,00	22,00
	MAT.SNC	u Snare C	1,00	25,00	25,00
	MAT.TS	u Tisores	1,00	1,00	1,00
	C.AUX	Costes auxiliars 2%	0,02	945,55	18,91
	Classe: mà d'obra			708,00	
	Classe: Maquinària			214,50	
	Classe: Material			624,13	
	Classe: Mitjà auxiliar			18,91	
	Total partida 02-01	1,00	1565,54	1565,54	

02-02		Calorimetria Diferencial D'escombratge (DSC)		
MO.DIR	h Director del projecte	20,00	25,00	500,00
MO.INV	h Enginyer del projecte	20,00	10,00	200,00
MO.TLAB	h Tècnic de laboratori	1,00	8,00	8,00
MAQ.BLZ	h Balança Mettler AX205	3,00	0,01	0,03
MAQ.DSC	h Calorimetria Diferencial D'escombratge DSC 8000	60,67	1,55	94,03
MAT.BL	u Bata laboratori	1,00	14,90	14,90
MAT.CA	u Càpsula d'alumini	65,00	36,00	2340,00
MAT.CA1	u Coberta d'alumini	65,00	30,00	1950,00
MAT.CGL	u Caixa guants làtex 30 unitats	5,00	5,72	28,60
MAT.ENC	u Encapsuladora de càpsules DSC Perkin Elmer	4,00	0,02	0,08
MAT.FA	u Fòrcep A	1,00	19,00	19,00
MAT.FB	u Fòrcep B	1,00	23,00	23,00
MAT.FC	u Fòrcep C	1,00	28,00	28,00
MAT.HCA	u Hemoclip A	1,00	27,00	27,00
MAT.HCB	u Hemoclip B	1,00	24,00	24,00
MAT.NIT	u Bala nitrogen	1,00	61,60	61,60
MAT.PC	u Pinces	1,00	1,00	1,00
MAT.SNA	u Snare A	1,00	20,00	20,00
MAT.SNB	u Snare B	1,00	22,00	22,00
MAT.SNC	u Snare C	1,00	25,00	25,00
C.AUX	Costes auxiliars 2%	0,02	882,12	17,64
	Classe: mà d'obra			708,00
	Classe: Maquinària			94,06
	Classe: Material			4584,18
	Classe: Mitjà auxiliar			17,64
	Total partida 02-02	1,00	5403,89	5403,89
02-03		Espectroscòpia d'Infrarrojos per Transformada de Fourier (FTIR)		
MO.DIR	h Director del projecte	5,00	25,00	125,00
MO.INV	h Enginyer del projecte	10,00	10,00	100,00
MAQ.FTIR	h Bruker FTIR Alpha Espectrofotòmetre	92,00	0,23	21,16
MAT.BL	u Bata laboratori	1,00	14,90	14,90
MAT.CGL	u Caixa guants làtex 30 unitats	1,00	5,72	5,72
MAT.ET	l Etanol Sigma Aldrich 99.9% puresa	0,20	0,50	0,10
MAT.FA	u Fòrcep A	1,00	19,00	19,00
MAT.FB	u Fòrcep B	1,00	23,00	23,00
MAT.FC	u Fòrcep C	1,00	28,00	28,00
MAT.HCA	u Hemoclip A	1,00	27,00	27,00
MAT.HCB	u Hemoclip B	1,00	24,00	24,00
MAT.PC	u Pinces	1,00	1,00	1,00
MAT.SNA	u Snare A	1,00	20,00	20,00
MAT.SNB	u Snare B	1,00	22,00	22,00
MAT.SNC	u Snare C	1,00	25,00	25,00
C.AUX	Costes auxiliars 2%	0,02	355,56	7,11
	Classe: mà d'obra			225,00
	Classe: Maquinària			21,16
	Classe: Material			209,72
	Classe: Mitjà auxiliar			7,11
	Total partida 02-03	1,00	462,99	462,99

02-04		Microscòpia Electrònica D'escombratge (EDX)			
MO.DIR	h	Director del projecte	20,00	25,00	500,00
MO.INV	h	Enginyer del projecte	20,00	10,00	200,00
MO.TLAB	h	Tècnic de laboratori	10,00	8,00	80,00
MAQ.FESEM	h	Microscopi electrònic de rastreig d'emissió (FESEM)	72,00	5,00	360,00
MAT.BL	u	Bata laboratori	1,00	14,90	14,90
MAT.CGL	u	Caixa guants làtex 30 unitats	1,00	5,72	5,72
MAT.FA	u	Fòrcep A	1,00	19,00	19,00
MAT.FB	u	Fòrcep B	1,00	23,00	23,00
MAT.FC	u	Fòrcep C	1,00	28,00	28,00
MAT.HCA	u	Hemoclip A	1,00	27,00	27,00
MAT.HCB	u	Hemoclip B	1,00	24,00	24,00
MAT.PC	u	Pinces	1,00	1,00	1,00
MAT.PO	u	Portaobjectes	9,00	10,00	90,00
MAT.SNA	u	Snare A	1,00	20,00	20,00
MAT.SNB	u	Snare B	1,00	22,00	22,00
MAT.SNC	u	Snare C	1,00	25,00	25,00
MAT.TC	u	Tira carboni	9,00	3,00	27,00
C.AUX		Costes auxiliars 2%	0,02	1256,47	25,13
			Classe: mà d'obra		780,00
			Classe: Maquinària		360,00
			Classe: Material		326,62
			Classe: Mitjà auxiliar		25,13
Total partida 02-04			1,00	1491,75	1491,75
Total capítol					8924,16
03-01		Evaluació petjada de carboni			
Anàlisi en OpenLCA					
MO.DIR	h	Director del projecte	20,00	25,00	500,00
MO.INV	h	Enginyer del projecte	20,00	10,00	200,00
SW.OLCA	h	OpenLCA	20,00	0,00	0,00
C.AUX		Costes auxiliars 2%	0,02	0,00	0,00
			Classe: mà d'obra		700,00
			Classe: Maquinària		0,00
			Classe: Softwares		0,00
			Classe: Mitjà auxiliar		0,00
Total partida 03-01			1,00	700,00	700,00
Total capítol					700,00

04-01	Reunions periódiques de gestió del treball				
	MO.DIR	h Director del projecte	50,00	25,00	1250,00
	MO.INV	h Enginyer del projecte	50,00	10,00	500,00
	C.AUX	Costes auxiliars 2%	0,02	2390,00	47,80
		Classe: mà d'obra			1750,00
		Classe: Mitjà auxiliar			47,80
		Total partida 04-01	1,00	1797,80	1797,80
		Total capítol			1797,80
	Equips de protecció individual i seguretat				
05-01	Material de protecció individual				
	MAT.BL	u Bata laboratori	1,00	14,50	14,50
	MAT.CGL	u Caixa guants làtex 30 unitats	5,00	5,72	28,60
	MAT.CGN	u Caixa guants nitril 30 unitats	5,00	7,00	35,00
	MAT.UI	u Ulleres integrals	1,00	5,77	5,77
	C.AUX	Costos auxiliars 2%	0,02	105,26	2,11
		Classe: Material			43,10
		Classe: Mitjà auxiliar			35,00
		Total partida 05-01	1,00	78,10	78,10
		Total capítol			78,10

1.3. QUADRE DE PRESSUPOST RESUMIT

Per finalitzar amb el pressupost, en aquest apartat es presenta de manera més resumida els costos del quadre de mesuraments i pressupost. D'aquesta manera es pot observar el preu associat a cada unitat d'obra, la suma de les quals dona lloc al costo del capítol, i on la suma de tots ells dona com a resultat el pressupost de execució del present treball.

PRESSUPOST RESUMIT				
ANÀLISI I CARACTERITZACIÓ D'INSTRUMENTS D'ENDOSCÒPIA D'UN SOL ÚS PER A LA DETERMINACIÓ DE LA PETJADA DE CARBONI				Pàg: 1
Nº ordre		Medició	Preu (€)	Import (€)
	Preparació i classificació de mostres			
	Fase de especejament	1,00	757,03 €	757,03 €
	Total capítol			757,03 €
	Assaigs de caracterització			
	Anàlisi Termogravimètric (TGA)	1,00	1.565,54 €	1.565,54 €
	Calorimetria Diferencial D'escombratge (DSC)	1,00	5.403,89 €	5.403,89 €
	Espectroscòpia d'Infrarrojos per Transformada de Fourier (FTIR)	1,00	462,99 €	462,99 €
	Microscòpia Electrònica D'escombratge (EDX)	1,00	1.491,75 €	1.491,75 €
	Total capítol			8.924,16 €
	Evaluació petjada de carboni			
	Anàlisis en OpenLCA	1,00	700,00 €	700,00 €
	Total capítol			700,00 €
	Reunions			
	Reunions periòdiques de gestió del treball	1,00	1.797,80 €	1.797,80 €
	Total capítol			1.797,80 €
	Equips de protecció individual i seguretat			
	Material de protecció individual	1,00	78,10 €	78,10 €
	Total capítol			78,10 €
	Total pressupost			12.257,09 €

1.4. QUADRE DE RESUM DE CAPÍTOLS

En aquest quadre es mostra el cost de cada capítol, el pressupost de execució del material, el pressupost per contracta al considerar els gastos generals i el benefici industrial i, el pressupost total al considerar el IVA.

RESUM DE CAPÍTOLS			Pàg: 1
Nº ordre	Codi	Descripció dels capítols	Import (€)
	01	Preparació i classificació de mostres	757,03 €
	02	Assaigs de caracterització	8.924,16 €
	03	Evaluació de la petjada de carboni	700,00 €
	04	Reunions	1.797,80 €
	05	Equips de protecció individual i seguretat	78,10 €
		TOTAL EXECUCIÓ MATERIAL	12.257,09 €
		13% Gastos generals	1.593,42 €
		6% Benefici Industrial	735,43 €
		TOTAL EXECUCIÓ PER CONTRATA	14.585,94 €
		21% I.V.A	3.063,05 €
		TOTAL PRESSUPOST C/IVA	17.648,98 €
		Ascendeix el pressupost projectat, a la expressada quantitat de: SETZE MIL SISENTS QUARANTA HUIT EUROS AMB NORANTA HUIT CÈNTIMS	