

ANÀLISI DE SOSTENIBILITAT I IMPLICACIONS ÈTIQUES A INCLOURE EN EL TREBALL DE FI D'ESTUDIS (TFE)

1. Introducció

El Consell de Govern 07-2023 de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) va aprovar la [Guia per incorporar l'anàlisi de sostenibilitat i implicacions ètiques en el TFE](#), on es demana que tots els treballs de fi d'estudis (TFEs) de la UPC, inclouin a la seva memòria final un capítol titulat "**Anàlisi de sostenibilitat i implicacions ètiques**".

El present document pretén ajudar a l'estudiantat a elaborar l'anàlisi de sostenibilitat i implicacions ètiques en el TFE dels graus i màsters de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports de Barcelona, i està basat en la [Guia per incorporar l'anàlisi de sostenibilitat i implicacions ètiques en el TFE de la UPC](#).

Tanmateix, si un o una estudiant vol organitzar l'anàlisi de sostenibilitat i implicacions ètiques d'una manera diferent, perquè considera que s'adiu més amb el seu TFG/TFM, ho pot fer sempre que se'n faci una anàlisi completa i justificada, i tingui el vist-i-plau del seu director/a.

En el cas de l'enginyeria civil, el treball de fi de grau (TFG) del Grau en Enginyeria Civil o el Treball Fi de Màster (TFM) d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports, pot ser un projecte de caràcter professional (projecte bàsic o constructiu) o bé un treball d'investigació. El present document contempla ambdós casos.

2. La matriu de sostenibilitat

L'informe de sostenibilitat a incloure en la memòria escrita del TFE es basarà en l'aplicació de la **matriu de sostenibilitat** presentada a continuació. L'anàlisi de la sostenibilitat d'un projecte es divideix en tres parts, identificades per les columnes de la matriu:

- El **desenvolupament del TFE**, que inclou la recerca d'informació, el desenvolupament del treball, i l'elaboració dels documents del projecte o del treball d'investigació.
- La **vida útil o execució del projecte objecte del TFE** (en cas que aquest sigui de caràcter professional), que comença una vegada s'inicia la construcció i acaba amb el seu enderroc.
- Els **riscos i limitacions** inherents al treball acadèmic o al propi projecte durant tota la seva construcció, vida útil i enderroc.

Taula 1. Matriu de sostenibilitat dels TFEs.

	Desenvolupament del TFE	Vida útil o Execució del projecte	Riscos i limitacions
Punt de vista ambiental	Impacte ambiental (inclou petjada de carboni, energia consumida)	Impacte ambiental (inclou petjada de carboni, energia consumida)	Riscos i limitacions ambientals
Punt de vista econòmic	Cost econòmic	Pla de viabilitat bàsic	Riscos i limitacions econòmics
Punt de vista social	Impacte personal	Impacte social	Riscos i limitacions socials

Els **riscos** fan referència a variables que podem identificar, però no controlar, tot i que podrien influir en l'èxit o el fracàs d'un projecte. Un exemple de risc: no poder disposar de dades de partida, per exemple, la cartografia o topografia de la zona a temps. Un exemple d'esdeveniment inesperat: es produeix un esllavissament de terres i canvia la topografia de partida en la redacció del projecte d'una carretera. Els esdeveniments inesperats no es poden preveure i no cal considerar-los en aquest informe. Si es coneix l'esdeveniment inesperat amb antelació, aleshores es tracta més d'un risc més que no d'un esdeveniment inesperat.

Com a **limitacions** hem de tenir en compte totes aquelles que han fet que tant el treball com el projecte no estiguin més desenvolupats. Les principals limitacions tenen a veure amb el fet que el temps i els recursos dedicats als TFE són, evidentment, limitats.

Com es veu a la taula, cada columna s'ha d'analitzar des de tres perspectives: **ambiental, econòmica i social**, les tres dimensions de la sostenibilitat.

Quan el TFE sigui un treball de caràcter professional (projecte bàsic o constructiu o altres), l'anàlisi de sostenibilitat es basarà en les columnes execució del projecte i riscos i limitacions. Quan el treball sigui d'investigació, l'anàlisi de sostenibilitat es basarà en les columnes de desenvolupament de TFE i riscos i limitacions.

El significat de cada cel·la de la matriu és el següent:

- **Cel·la Ambiental/Desenvolupament del TFE:** representa l'impacte produït en el medi ambient durant l'elaboració del TFE (consum energètic, ús de material, generació de residus, etc.). En la majoria dels treballs és suficient calcular i comentar breument la petjada de carboni que es pot mesurar en emissions de CO₂e¹.
- **Cel·la Ambiental/Execució del projecte objecte del TFE:** representa l'impacte ambiental que tindrà (o tindria) el projecte proposat durant tota la seva vida útil. Es poden utilitzar indicadors o paràmetres diversos, com la petjada de carboni o d'altres específics dels vectors ambientals afectats (territori, energia, aigua, residus, etc.). Per a l'avaluació de la petjada de carboni, del consum d'energia primària, de l'afectació al medi i el consum de recursos responsables es pot fer servir el mòdul TCQ GMA², quan es fa el pressupost del projecte. Per cada partida d'obra del banc de preus BEDEC es disposa de la informació ambiental del producte, de l'etapa de construcció, ús i final de la seva vida, que es basa en la informació de la base de dades Ecoinvent. Una vegada s'ha generat el pressupost, des del mòdul TCQ GMA es pot generar un informe ambiental. Des d'aquest mòdul, es va completant la informació no disponible mitjançant l'assimilació d'informació de partides similars, i finalment es pot generar l'informe complet (veure Annex 1)
- **Cel·la Ambiental/Riscos i limitacions:** representa totes les eventualitats que poden fer que l'impacte ambiental del projecte sigui més negatiu del que es preveia a la memòria del projecte. Ha d'incloure també les limitacions detectades per fer les estimacions dels càlculs tant del treball com del possible projecte.
- **Cel·la Econòmic/Desenvolupament del TFE:** representa el consum de recursos (materials i humans) durant tot el TFE i el cost d'aquests recursos. Seria l'equivalent al pressupost del treball d'elaboració i redacció del TFE i **requereix una planificació detallada del calendari del**

¹ <https://www.electricitymap.org/zone/ES?solar=false&remote=true&wind=false>

² <https://itec.es/programas/tcqj/gestion-ambiental/>

TFE.

- **Cel·la Econòmic/Execució del projecte objecte del TFE:** En el cas que el TFE sigui de caràcter professional (projecte bàsic o constructiu), serà un pla de viabilitat bàsic o bé alternativament i en funció del cas, un anàlisi del pressupost del projecte, és a dir, la seva valoració econòmica.
- **Cel·la Econòmic/Riscos i limitacions:** representa totes les eventualitats que poden fer que el projecte trigui més del previst a ser viable o potser no arribi mai a ser rendible, i les limitacions que es tenen en les previsions i càlculs efectuats.
- **Cel·la Social/Desenvolupament del TFG:** representa l'impacte que ha tingut la realització del TFG en les persones que hi han treballat (com a mínim l'estudiant o estudianta i el tutor o tutora). Pot incloure, per exemple, la presa de consciència de situacions que abans es desconeixien, i una reflexió sobre qui ha estat involucrat en el desenvolupament del treball i qui considerem que ha faltat.
- **Cel·la Social/Execució del projecte objecte del TFG:** representa l'impacte que tindria la posada en marxa del projecte en els diferents col·lectius que podrien estar relacionats directament o indirecta. Els col·lectius relacionats amb el projecte poden ser propietaris/gestors, treballadors, proveïdors, usuaris directes o altres usuaris indirectes o passius. Les repercussions socials poden ser molt diverses, i en general són difícils de preveure i quantificar. Es pot observar l'enorme diversitat dels indicadors reals de sostenibilitat social en els estàndards de la GRI³.
- **Cel·la Social/Riscos i limitacions:** representa totes les eventualitats que poden fer que el projecte tingui un impacte social més negatiu en algun dels col·lectius relacionats i les limitacions que hi ha en aquestes estimacions.

3. Preguntes guia per elaborar l'informe

Per elaborar l'anàlisi de sostenibilitat, proposem que us feu una sèrie de preguntes com les indicades en la Taula 2 i les respostes a aquestes preguntes constituïran l'anàlisi de sostenibilitat.

No totes les preguntes són rellevants per a tota mena de TFE. Heu de **pensar quines preguntes resulten pertinents específicament per al vostre TFE i quines no.** També heu de pensar (i parlar-ne en l'anàlisi de sostenibilitat) quines altres preguntes, diferents de les que s'inclouen en aquest document, poden ser rellevants per al vostre TFE.

Reflexionar en profunditat sobre la sostenibilitat del vostre TFE probablement revelarà efectes tant positius com negatius. Tanmateix, **en cap cas** els efectes negatius sobre la sostenibilitat del vostre projecte comportaran una avaluació negativa del vostre anàlisi de sostenibilitat o TFE.

³ <https://www.globalreporting.org/standards/download-the-standards/>

Taula 2. Preguntes per respondre en l'anàlisi de sostenibilitat a incloure a la memòria del vostre TFE.

	Desenvolupament del TFG	Execució del projecte	Riscos i limitacions
Punt de vista ambiental	AMB.D.1. Quantifiqueu l'impacte ambiental del treball. Quines mesures heu pres per reduir l'impacte? Heu quantificat aquesta reducció? El vostre TFE ha seguit principis d'economia circular?	AMB.X.1. Quins recursos estimeu que es faran servir per posar en marxa el projecte i durant la seva vida útil? Quin serà l'impacte ambiental d'aquests recursos?	AMB.R.1. Podria presentar-se cap escenari que augmenti la petjada del projecte? AMB.R.2. Si tornéssiu a desenvolupar el projecte, el podríeu projectar estalviant recursos? Es pot tornar a projectar fent ús de material reutilitzat? AMB.R.3. Quines han estat les principals limitacions de l'anàlisi ambiental de la vostra proposta?
		AMB.X.2. El projecte reduirà l'ús d'altres recursos? En general, l'ús del projecte millorarà o empitjorarà la petjada ambiental?	
	AMB.D.2. Si n'heu utilitzat, quin és l'origen de les matèries primeres i/o dels materials que heu fet servir? Els vostres proveïdors publiquen informes ambientals? Quines directives segueixen?	AMB.X.3. Quan finalitza la vida del projecte, quins residus es generen? Com es pot reduir l'impacte ambiental de l'enderroc de la infraestructura (projecte)?	
	AMB.X.4. El projecte es podria dur a terme causant menys impacte ambiental?		
	AMB.X.5. El projecte segueix els principis d'economia circular?		
Punt de vista econòmic	EC.D.1. Quantifiqueu el cost (recursos humans i materials) del treball. Quines decisions heu pres per reduir el cost? Heu quantificat l'estalvi?	EC.X.1. Quin és el cost estimat del projecte durant el seu cicle de vida? Es podria reduir aquest cost per fer el projecte més factible?	EC.R.1. Podria presentar-se cap escenari que posés en perill la viabilitat del projecte? EC.R.2. Quines han estat les principals limitacions de l'anàlisi econòmica de la vostra proposta?
		EC.X.2. Heu tingut en compte el cost de manteniment durant la vida del projecte?	
		EC.X.3. Quin cost addicional suposa l'enderroc de la infraestructura projectada?	
		EC.X.4. Podria algun altre projecte beneficiar-se dels resultats d'aquest?	

Punt de vista social	SO.D.1. Aquest treball inclou reflexions significatives sobre els estàndards personals, professionals o ètics? S'ha fet un ús inclusiu i no sexista del llenguatge?	SO.X.1. Qui es beneficia de l'ús del projecte? Hi ha cap col·lectiu que es pugui veure afectat negativament pel projecte? Si és que sí, fins a qui punt?	SO.R.1. Podria presentar-se cap escenari que faci que el projecte resulti perjudicial per a algun segment concret de la població?
		SO.X.2. En quina mesura el projecte resol el problema plantejat inicialment?	SO.R.2. Podria el projecte crear algun tipus de dependència que deixés els usuaris en una posició feble?
	SO.D.2. Quina és la situació actual del sector relacionat amb el treball?	SO.X.3. Hi ha altres maneres d'implementar el projecte que condueixin a diferents impactes socials?	SO.R.3. Quines han estat les principals limitacions de l'anàlisi social de la vostra proposta?
	SO.D.3. Si heu utilitzat materials, els distribuïdors, fabricants, proveïdors i minoristes publiquen codis públics d'ètica o de conducta?	SO.X.4 El projecte evita biaixos, estereotips i rols de gènere?	
		SO.X.5. Heu tingut en compte la usabilitat del vostre producte per a persones amb necessitats diverses (edat, gènere, sexe, diversitat funcional, diversitat cultural, etc.)? Hi ha barreres per utilitzar-lo?	

Sigles: AMB = "Ambiental", EC = "Econòmic", SO = "Social", D = "Desenvolupament", X = "Execució", R = "Riscos i limitacions".

4. Implicacions ètiques

Tal i com s'ha detallat en les taules anteriors, en la teva activitat professional hi haurà impactes ambientals, socials i econòmics que poden generar problemes ètics que cal identificar, analitzar i resoldre. Per realitzar aquest apartat de l'informe, et proposem les següents preguntes sobre la dimensió ètica del teu TFE:

- A quines necessitats exactament està responent el teu treball? Qui ha definit aquestes necessitats? (pot anar des de l'augment del coneixement científic a nivell fonamental, fins a respondre a un Objectiu de Desenvolupament Sostenible (ODS) concret)
- Podries anticipar conseqüències del teu TFE més enllà de les buscades amb la proposta?

5. Relació amb els objectius de desenvolupament sostenible

En l'informe de sostenibilitat cal indicar si el TFE contribueix a alguna de les metes dels Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS). Els ODS, aprovats per Nacions Unides l'any 2015⁴, també coneguts com a Agenda 2030, tenen 169 fites que podràs revisar en la taula que trobaràs [aquí](#).

L'estudiantat ha d'explicar breument si el seu treball i/o projecte contribueix a alguna de les metes concretes, o d'alguna manera a l'esperit general d'algun dels ODS, com i per què.

6. Proposta d'estructura del capítol de sostenibilitat del TFE

Proposem que el capítol del TFE que inclogui l'informe de sostenibilitat tingui la següent estructura, tot i que la podeu variar sempre que contingui tot el contingut necessari:

En el cas d'un TFE de caràcter professional:

Annex xxx (de la memòria)– Anàlisi de sostenibilitat i implicacions ètiques

En el cas d'un TFE d'investigació:

Annex xxx– Anàlisi de sostenibilitat i implicacions ètiques

xxx.1.- Anàlisi de sostenibilitat

xxx.1.1.- Impacte ambiental (desenvolupament del TFG o execució del projecte, i riscos i limitacions).

xxx.1.2.- Impacte econòmic (desenvolupament del TFG o execució del projecte, i riscos i limitacions): ha d'incloure un anàlisi complet del pressupost i amb la previsió de despeses per imprevistos.

xxx.1.3.- Impacte social (desenvolupament del TFG o execució del projecte, i riscos i limitacions).

xxx.2.- Implicacions ètiques

xxx.3.- Relació amb els Objectius de Desenvolupament Sostenible

7. Conclusions

Un/a bon/a professional ha de conèixer els impactes ambientals, socials i econòmics de la seva especialitat, i saber reflexionar i resoldre les problemàtiques ètiques que se'n deriven. Per aquest motiu, el TFE ha d'incloure l'anàlisi de sostenibilitat i implicacions ètiques.

⁴ <https://sdgs.un.org/goals>

8. Material adicional de referència

Exemples:

- [Impact of engineering physics](#): Treball d'anàlisi dels estudiants del grau d'Enginyeria Física de la UPC.
- [Exemple de càlcul d'impacte ambiental d'un TFE](#)
- Exemples FIB:
 - https://www.fib.upc.edu/sites/fib/files/documents/estudis/tfg_sost_exemple_akma.pdf
 - https://www.fib.upc.edu/sites/fib/files/documents/estudis/tfg_sost_exemple_inventarios.pdf

Informació ITEC sobre sostenibilitat

<https://itec.cat/serveis/productes-sostenibles/>

<https://itec.cat/programes/tcqi/gestio-ambiental/>

Vídeos explicatius:

https://www.youtube.com/playlist?list=PLkgord6_YlwRMC8lt6gNJTO96cknfx1P1

Annex 1. Càlcul de l'impacte ambiental d'un projecte bàsic o constructiu fent ús del TCQ GMA

En primer lloc, s'ha de fer el pressupost amb el TCQ i, per això, es recomana registrar-se primer a la base de dades del BEDEC (<https://itec.es/servicios/bedec/>) amb l'e-mail amb extensió estudiantat.upc.edu, amb el NIF de la UPC (Q0818003F) i amb el centre UPC/Escola de Camins, Canals i Ports. Un cop registrats, opcionalment es poden descarregar els mòduls del software TCQ1 (Projecte i obra) i TCQ4 (Model de gestió ambiental), i activar els productes, o bé fer servir el software a les aules informàtiques.

S'executa el mòdul TCQ1 Projecte i obra, iniciant sessió amb l'usuari i la contrasenya del registre. En el menú General, s'obre un nou arxiu, i s'obrirà la finestra de la Figura A1, i marcant els tres punts s'indicarà la ruta on es guardarà l'arxiu amb el codi i la descripció, i després s'obrirà el mòdul de pressupost.

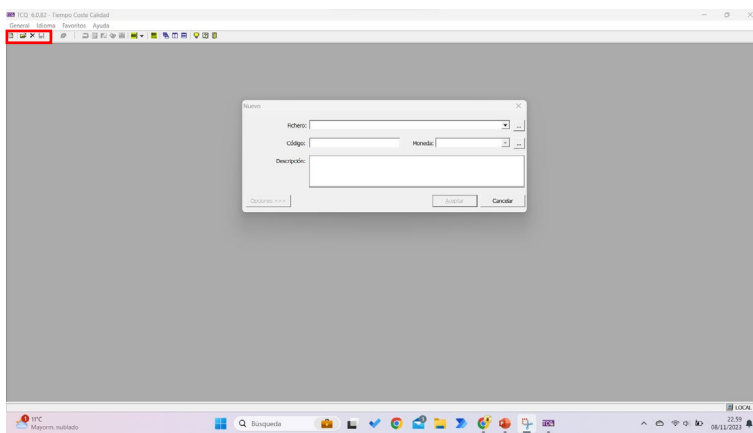


Figura A1. TCQ1 (Projecte i obra), generació de pressupost.

En el mòdul de pressupost, es crearà l'estructura del mateix mitjançant capítols (treballs previs, moviments de terres, fermes, estructures, acabats, etc.), en els que s'introduiran les diferents partides de cada capítol. Per tal d'introduir les partides, s'intentarà fer servir aquelles que estan al banc de preus del Bedec, ja que tenen la informació de l'impacte ambiental. Per crear una partida, cal buscar-la al banc Bedec (<https://metabase.itec.es/vid/e/bedec/itec>) i importar-la al pressupost, tot arrossegant-la (veure Figura A2).

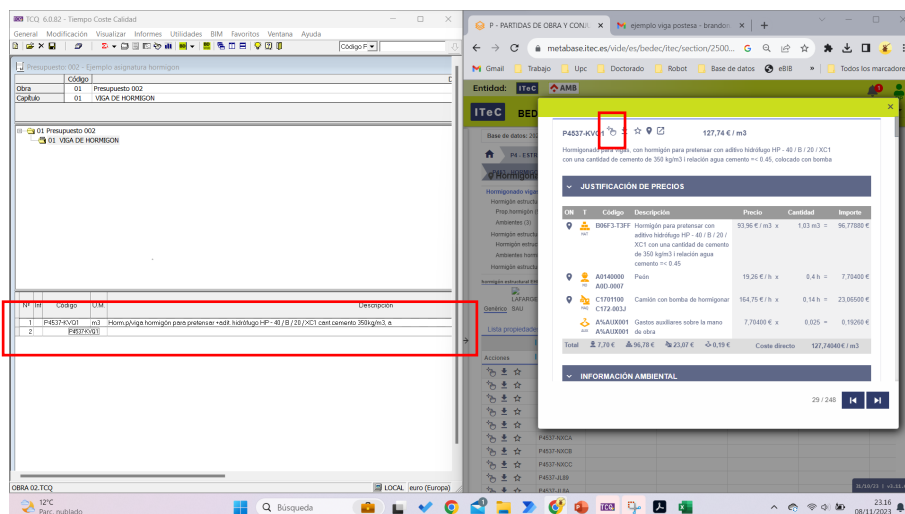


Figura A2. TCQ1 (Projecte i obra). Generació i importació de partides d'obra.

Si la partida és de la base de dades BEDEC, disposa de la informació de l'impacte ambiental al llarg del seu cicle de vida (producte, construcció, ús, final de vida) (Figura A3). Si és una partida que no està al banc de dades, es pot assimilar a les dades de partides similars. Per fer-ho, s'assigna un LER (residu) i se li pot assimilar l'energia i emissió de CO₂.

E6191K6L P6192-52JS 71,75 € / m2

Pared divisoria de 13,5 cm de espesor, ladrillo macizo liso de 290x135x50 mm, de mortero de cemento gris, categoría I, según la norma UNE-EN 771-3, de dos caras vistas, colocado con mortero mixto de cemento Portland con caliza 1.0.5.4

> JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

∨ INFORMACIÓN AMBIENTAL

Cambio climático		PRODUCTO	CONSTRUCCIÓN	USO	FINAL DE VIDA	
co ₂	Potencial de calentamiento global (CO2eq)	kg	59,6941	0,0366	-	-
Consumo de energía primaria		PRODUCTO	CONSTRUCCIÓN	USO	FINAL DE VIDA	
	Energía primaria no renovable	MJ	342,5024	0,8888	-	-
	Energía primaria renovable	MJ	42,0663	0,0270	-	-
Afectación al medio		PRODUCTO	CONSTRUCCIÓN	USO	FINAL DE VIDA	
	Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico	kg	2,11E-6	4,88E-9	-	-
	Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua	kg	0,1348	2,52E-4	-	-
	Potencial de eutrofización	kg	0,0237	2,58E-5	-	-
	Potencial de formación de ozono troposférico	kg	0,0052	9,73E-6	-	-
Consumo de recursos naturales		PRODUCTO	CONSTRUCCIÓN	USO	FINAL DE VIDA	
	Potencial de agotamiento de los recursos abióticos fósiles	MJ	263,3932	0,4515	-	-
	Potencial de agotamiento de los recursos abióticos no fósiles	kg	3,49E-6	1,75E-9	-	-

Figura A3. Informació ambiental de la partida d'obra.

Un cop introduïda la partida es poden definir els amidaments d'aquella unitat d'obra, i anar definint el pressupost. Després de generar el pressupost, s'exporta l'obra a BC3, en el menú d'utilitats (Figura A4).

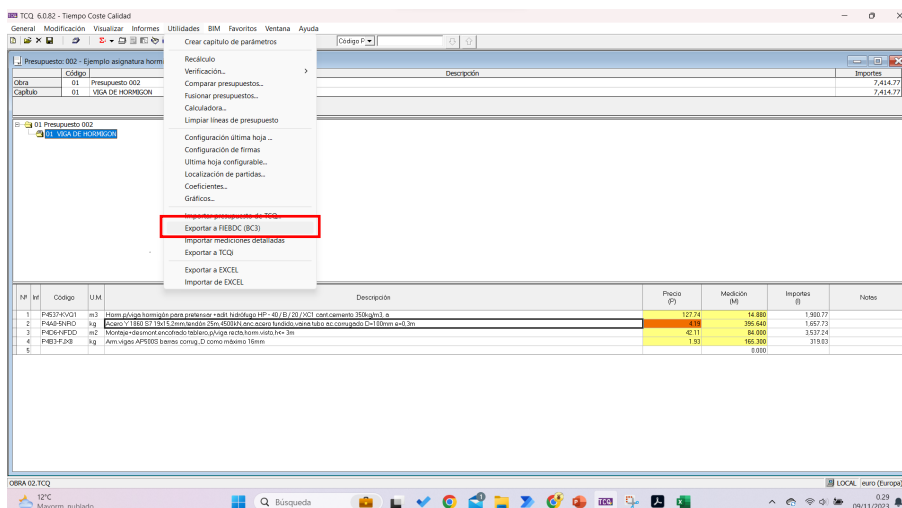


Figura A4. TCQ1 (Projecte i obra). Exportació a BC3.

L'arxiu BC3 s'adapta al web www.metabase.itec.cat/adapta/es, i s'afegeix la informació de preus, plecs i dades d'impacte ambiental. El web retorna l'arxiu BC3 amb els elements actualitzats. Un cop generat el nou arxiu BC3, es descarrega.

Llavors, s'obre el mòdul TCQ4-GMA, es busca l'arxiu del pressupost del TCQ, s'arrossega a la finestra inferior, i amb el botó de la dreta del ratolí, se selecciona adaptar, i es carrega el nou arxiu BC3. Un cop carregat, ja es poden generar els informes ambientals (Figura A5).

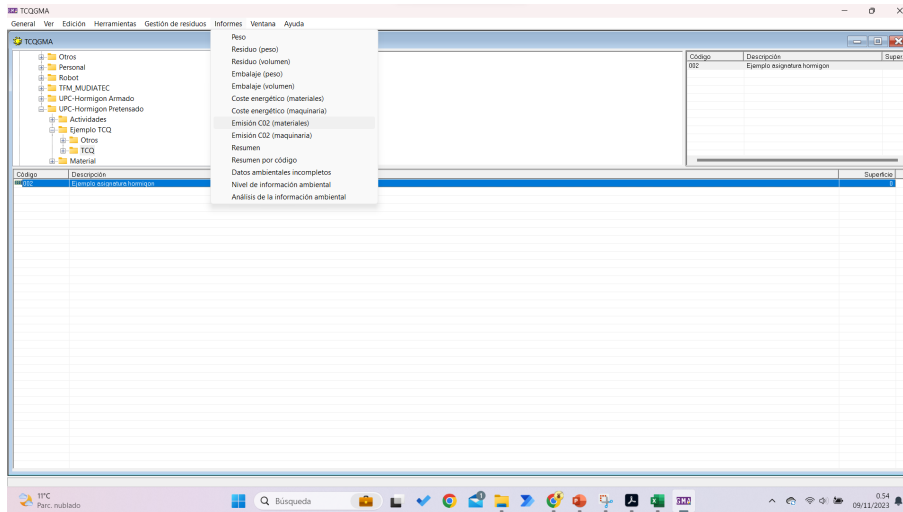


Figura A5. TCQ4 (Model de gestió ambiental). Generació d'informes.

La Figura A6 mostra l'informe resultant de l'opció "Resum" amb les diferents dades ambientals generades en el pressupost. Aquest resum es pot fer servir en l'apartat d'impacte ambiental (desenvolupament del TFE o execució del projecte objecte del TFE, i riscos i limitacions) de l'Anàlisi de sostenibilitat i implicacions ètiques.

Presupuesto 002
Ejemplo asignatura hormigon

Energia incorporada		MJ	MJ/m ²	%N	%T	kWh	kWh/m ²	%N	%T
TOTAL		45,066.15	-	100,00	100,00	12,518.38	-	100,00	100,00
Fabricación		36,775.72	-	81,60	81,60	10,215.48	-	81,60	81,60
Construcción		8,290.43	-	18,40	18,40	2,302.90	-	18,40	18,40
Emisión CO2eq		kg CO2	kg CO2/m ²	%N	%T				
TOTAL		6,768.01	-	100,00	100,00				
Fabricación		6,250.49	-	92,35	92,35				
Construcción		517.52	-	7,65	7,65				
Masa		kg	kg/m ²	%N	%T				
TOTAL		40,112.14	-	100,00	100,00				
Reciclaje		kg	%						
Materia prima		38,124.75	95,05						
Reciclaje pre-consumo		77.67	0,19						
Reciclaje post-consumo		120.21	0,30						
Residuos de obra. Selectiva Básica		m ³	m ³ /m ²	%N	%T	kg	kg/m ²	%N	%T
TOTAL		0.42		100,00	100,00	257.66		100,00	100,00
inertes		5.56E-05		0,013	0,013	0,089		0,035	0,035
no peligrosos		0.42		99,99	99,99	257.57		99,97	99,97
Residuos de obra. Selectiva RD 185/2008		m ³	m ³ /m ²	%N	%T	kg	kg/m ²	%N	%T

Figura A6. TCQ4 (Model de gestió ambiental). Resum generat de les dades ambientals.