



Petjada de carboni de la comunicació digital: estudi de l'ús de WhatsApp i aplicacions d'intel·ligència artificial

Natàlia Oso Gandía

Treball de Recerca - Curs 2025-2026

Tutor: Alfredo Bahillo Juan

2n de Batxillerat A

FEP SANTA TERESA DE LISIEUX

15 de desembre de 2025

Índex

1. INTRODUCCIÓ	2
METODOLOGIA EMPRADA	4
2. EL MÓN DIGITAL I EL CONSUM ENERGÈTIC	5
2.1 Què és la petjada de carboni i la petjada de carboni digital? ...	5
2.2 L'eficiència energètica en la comunicació digital	7
2.3 Per què els missatges tenen un impacte ambiental?	9
3. L'IMPACTE DELS MISSATGES	12
3.1 Enviar un WhatsApp: quin cost té realment?	12
3.2 Què contamina més: un missatge llarg o molts missatges curts?	15
3.3 Trucades i videotrucades	15
4. ELS ASSISTENTS VIRTUALS I LA IA	17
4.1 Com funcionen i on s'emmagatzemen	17
4.2 Quant costa (energèticament) fer una consulta d'IA (ChatGPT)	18
4.3 Quant costa demanar-li a ChatGPT que et generi una fotografia?	19
4.4 Diferència de cost energètic entre una cerca d'IA i una cerca normal a internet	20
5. SOLUCIONS I BONES PRÀCTIQUES:	22
5.1 Com reduir la petjada digital personal	22
5.2 Alternatives més sostenibles	23
6. PART PRÀCTICA	26
7. CONCLUSIONS I REFLEXIÓ PERSONAL	29
8. ANNEX	31
9. BIBLIOGRAFIA	33

1. INTRODUCCIÓ

A l'actualitat, la manera més ràpida i eficient de comunicar-nos, trobar informació o passar el temps de lleure és mitjançant pantalles, sobretot a través de les xarxes socials. El que abans era un luxe o una novetat, ara forma part de la nostra rutina diària.

WhatsApp, per exemple, s'utilitza per tot: parlar amb amics, enviar fotos o vídeos o simplement mantenir-nos connectats. El que gairebé mai pensem és que cada un d'aquests missatges, encara que sembli insignificant, té un impacte ambiental. No contamina directament com ho fan els cotxes, però sí que consumeix energia amb els servidors que mantenen l'aplicació en funcionament, les xarxes que transporten les dades i els dispositius que carreguem cada dia. Si agafem aquestes dades i les multipliquem pels milions d'usuaris i missatges, l'impacte esdevé enorme.

Quan enviem un missatge, aquest no viatja directament d'un mòbil a un altre. Recorre una infraestructura gegant de servidors, cables terrestres i submarins, xarxes mòbils i centres de dades. Cada element consumeix electricitat i recursos, i encara que un sol missatge sembli inofensiu, la suma global genera una petjada de carboni considerable.

El mateix passa amb eines més complexes, com les intel·ligències artificials (per exemple, ChatGPT). Aquestes no funcionen dins del nostre dispositiu, sinó en grans centres de dades que treballen les 24 hores del dia i els 7 dies de la setmana. Per mantenir-los eficients, es necessita un subministrament constant d'energia, que sovint prové de fonts no renovables. A més, aquests centres han de refrigerar-se contínuament per evitar sobreescalfaments, cosa que encara augmenta més el consum energètic.

El més sorprenent és que gairebé ningú és conscient d'aquest impacte. Quan conduïm un cotxe i veiem el fum sortir pel tub d'escapament, entenem de seguida que hi ha contaminació. Però quan enviem un missatge, fem una consulta a Google

o mirem un vídeo de YouTube, no veiem res tangible. En realitat, però, darrere hi ha una infraestructura enorme que necessita energia constant.

Vaig decidir fer aquest treball perquè em va sorprendre descobrir que accions tan quotidianes com enviar un missatge o fer una cerca a internet poden tenir un cost ecològic tan impactant. És un tema poc conegut i poc comentat, i crec que precisament per això és important parlar-ne. Estem tan acostumats a la immediatesa digital que oblidem tant la infraestructura com l'energia que hi ha darrere.

El que he après no és que haguem de deixar d'utilitzar aquestes eines, sinó que cal fer-ne un ús més conscient. Si entenem que cada acció digital té un petit cost ambiental, segurament ens ho pensarem dues vegades abans de fer-ne un ús innecessari. La tecnologia és imprescindible i té molts beneficis, però també té un impacte que no podem ignorar.

METODOLOGIA EMPRADA

Per dur a terme la part pràctica d'aquest treball he utilitzat una combinació de metodologia observacional i metodologia quantitativa.

En primer lloc, vaig aplicar una metodologia observacional, que consisteix simplement a observar i registrar un fenomen real tal com passa. En el meu cas, durant una setmana (del 13 al 20 d'octubre), vaig observar la meua activitat a WhatsApp i vaig anotar el nombre total de missatges enviats i rebuts durant aquesta setmana. No vaig analitzar el contingut, només vaig comptar-los.

Després, vaig utilitzar una metodologia quantitativa, que es basa a treballar amb números per treure conclusions. A partir del total de missatges registrats, vaig aplicar les dades científiques que estimen quanta quantitat de CO₂ genera un missatge de WhatsApp. Amb aquest valor, vaig calcular quines emissions havia generat jo en una setmana i, posteriorment, ho vaig extrapolar a un any.

Finalment, vaig fer una extrapolació estadística, que consisteix a aplicar els meus resultats personals a una població més gran (en aquest cas, la ciutat de Barcelona) per entendre l'impacte global que podria tenir aquest hàbit digital.

Aquesta combinació de observació, recollida de dades i càlcul numèric m'ha permès comprendre de manera clara l'impacte ambiental de l'ús quotidià de WhatsApp

2. EL MÓN DIGITAL I EL CONSUM ENERGÈTIC

2.1 Què és la petjada de carboni i la petjada de carboni digital?

La petjada de carboni és la mesura de totes les emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEH) que genera una activitat, producte, servei o persona. Els GEH principals són el CO₂ (diòxid de carboni), el CH₄ (metà) i l'N₂O (òxid nitrós), que són els responsables de l'escalfament global.

Es podria comparar amb un comptador invisible de fum: cada vegada que fabriquem, encenem, utilitzem o llencem un objecte o servei digital, aquest comptador suma emissions.



Figura 1: petjada de carboni digital visualment

D'altra banda, la petjada de carboni digital és aquell impacte ambiental de les activitats en línia i tecnologies digitals. Això s'aplica a cada persona i a cada dispositiu que fa servir per tant l'impacte és molt més gran del que ens imaginem.

Les emissions de les que parlem quan parlem d'activitats en línia i tecnologies digital són:

- Fabricació de dispositius (mòbils, ordinadors, televisors, servidors).
- Consum elèctric durant l'ús (carregar el mòbil, veure Netflix, fer videotrucades).

- Transmissió i emmagatzematge de dades (xarxes mòbils, internet, centres de dades).
- Gestió de residus electrònics (quan es llencen dispositius mal reciclats).

Segons Ericsson (2020), el sector de Tecnologies de la Informació i la Comunicació (TIC), representa aproximadament l'1,4 % de les emissions globals, i si comptem tota la cadena de subministrament podria arribar fins al 3,9 %.

Comparacions de les emissions globals amb activitats regulars:

- Veure 2 hores de Netflix al dia durant un any consumeix tanta electricitat com tenir una nevera en funcionament durant mig any. Això es equivalent a dir que cada cop que mires un capítol, li estàs "afegint" mig quilo de CO₂.
- Cada minut d'ús de TikTok genera uns 2,63 g de CO₂ per usuari, equivalent a encendre una bombeta LED durant 30 minuts. S'estima que l'ús global de TikTok emet uns 50 milions de tones de CO₂ l'any, similar a les emissions d'un país com Grècia.
- Enviar un correu electrònic senzill emet uns 4g de CO₂, equivalent a tenir un microones en funcionament durant 30 segons. En canvi, enviar un correu amb adjunt gran a molts destinataris: fins a 50 g de CO₂, equival a recórrer 500 metres amb cotxe.

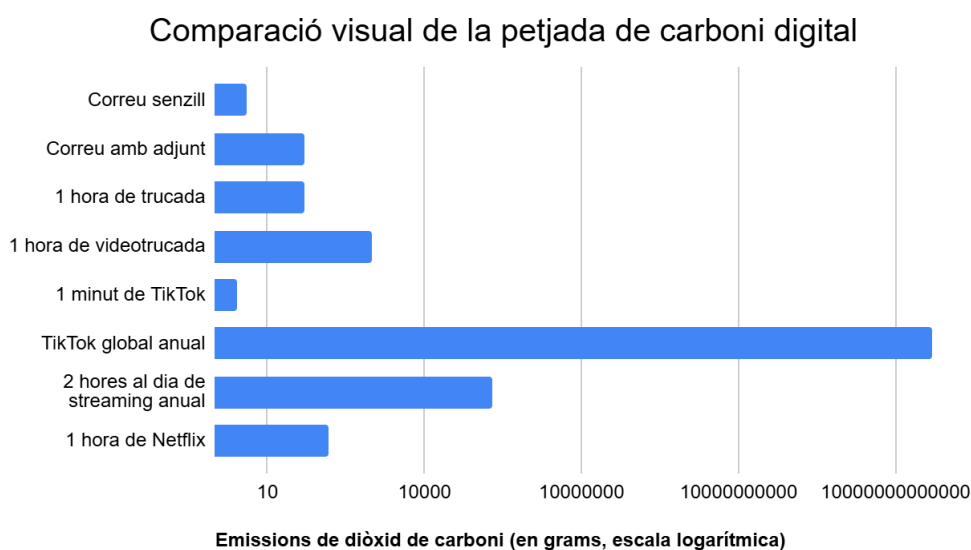


Figura 2: gràfic de les emissions de diòxid de carboni d'activitats digitals freqüents

Totes aquestes accions per separat no serien cap problema, però en el moment en el que ho fa tothom i es produeix aquesta suma global, és quan és més visible i apareix el problema de veritat.

2.2 L'eficiència energètica en la comunicació digital

L'eficiència energètica és la capacitat d'aprofitar millor l'energia que fem servir. Vol dir obtenir el mateix resultat, com ara pot ser llum, calor, transport o el funcionament d'un aparell, però utilitzant menys energia. Molts cops no ho sabem però hi ha moltes maneres diferents de fer una simple acció, i si ho sabéssim, estalviariem molta energia que malgastem simplement per no estar del tot informats sobre aquest tema.

Així que no es tracta de renunciar al que necessitem, sinó de fer-ho d'una manera més intel·ligent i menys malgastadora. Un exemple clau és que una bombeta LED consumeix menys electricitat que una bombeta vella, però la funció que es vol que faci, il·luminar, ho fa igual. Això és aplicar eficiència energètica.

Algunes de les pràctiques més habituals per millorar l'eficiència energètica són:

- Aïllament tèrmic en edificis i habitatges.
- Transport sostenible.
- Il·luminació LED.

Els principals objectius de l'eficiència energètica són:

- Reduir emissions de gasos d'efecte hivernacle, ajudant a combatre el canvi climàtic.
- Estalvi econòmic, amb factures més econòmiques a la llar i a la indústria.
- Conservar recursos naturals, per minimitzar la seva extracció i fomentant el consum responsable.

Normalment els electrodomèstics i altres productes porten un sistema de classificació energètica que va de la A (màxima eficiència) a la G (mínima eficiència) amb colors que van del verd (eficient) al vermell (poc eficient).

Aquestes etiquetes tenen les següents característiques:

- A → màxim rendiment amb consum mínim.
- G → rendiment baix amb consum alt.
- Colors → del verd (molt eficient) al vermell (ineficac).
- Consum anual (kWh/any) → apareix a la part inferior de l'etiqueta per comparar models.



Figura 3: etiquetes d'eficiència energètica

Aquest sistema de classificació, però, va canviant, i aquests han sigut els canvis més recents:

- Han eliminat els símbols A+, A++ i A+++, fent que només vagin de la A a la G.
- S'han endurit els criteris pel que alguns que abans eren A+++, ara es poden classificar com a C o D.
- Quan entre el 30% i el 50% dels productes del mercat arribin a la categoria A, la classificació es tornarà a actualitzar per seguir incentivant la innovació.

Els avantatges més destacables que ens deixa l'eficiència energètica són:

- Estalvi energètic i econòmic; gràcies a consumir menys, el preu de les factures baixa.
- Reducció de la petjada de carboni; tenir menys emissions, contribueix al clima positivament.
- Consum responsable; fomenta l'ús d'energies renovables i hàbits sostenibles.
- Benestar i salut; hi ha menys contaminació atmosfèrica, pel que millora la qualitat de l'aire i el nostre entorn és més saludable.

Per tant, l'eficiència energètica es podria resumir així: eficiència energètica = no malgastar energia. És com si aprenguéssim a ser més "intel·ligents" amb la llum, el gas o la benzina: fem servir només el que cal, ni més ni menys.

2.3 Per què els missatges tenen un impacte ambiental?

Els missatges, encara que semblin una cosa molt simple i instantània, tenen molta complexitat al darrere. Cada missatge que enviem té un impacte sobre el medi ambient tot i que no ho sembli. Això passa perquè cada missatge ha de "viatjar" fins a un o diversos servidors i centres de dades, que han de processar la informació i fer-la arribar al destinatari amb la major eficàcia i menor temps possible sempre que es pugui.

Els servidors i centres de dades són dos conceptes diferents però totalment relacionats. D'una banda, un servidor és un tipus d'ordinador dissenyat per treballar les 24 hores sense cap mena de descans. La seva funció és emmagatzemar, processar i enviar dades a altres ordinadors gràcies a internet. Per exemple, quan entres a una web, tot el que estàs veient són textos, imatges, vídeos i anuncis emmagatzemats en un servidor, però no només això sinó que tots els missatges, vídeos, àudios o correus passen per equips de xarxa fins a arribar al seu destinatari.



Figura 4: imatge de cinc armaris plens de servidors com els que s'usen als centres de dades

D'altra banda un centre de dades és el lloc físic on es troben molts servidors junts, incloent tota la infraestructura per connectar-los a internet. Són edificis gegants,

només cal dir que la mida d'un centre de dades estàndard és d'entre 6.096 i 30.480 metres quadrats. Els centres de dades estan especialment construïts per albergar els servidors i fer-los funcionar de manera ràpida i eficient. Per fer això han d'estar en constant funcionament i sense fondre's, pel que necessiten sistemes de refrigeració i ventilació molt potents, mesures de seguretat, connexió elèctrica estable, accés a internet i personal tècnic per a instal·lar i desinstal·lar equips, resoldre incidents, fer actualitzacions de programari, etc. Les grans empreses com Google, Amazon o Microsoft tenen centres de dades repartits per tot el món. S'ha de tenir en compte que aquest centres de dades són edificis gegants, que, en la majoria dels casos arriben als 30.480 metres quadrats. Per posar aquesta dada en perspectiva, serien uns quatre camps de futbol (de la mida del Camp Nou), o, tenint en compte que l'escola Santa Teresa de Lisieux mesura aproximadament 5.500 metres quadrats, els centres de dades més grans que s'han construït fins ara, serien l'equivalent a 5 escoles i mitja.

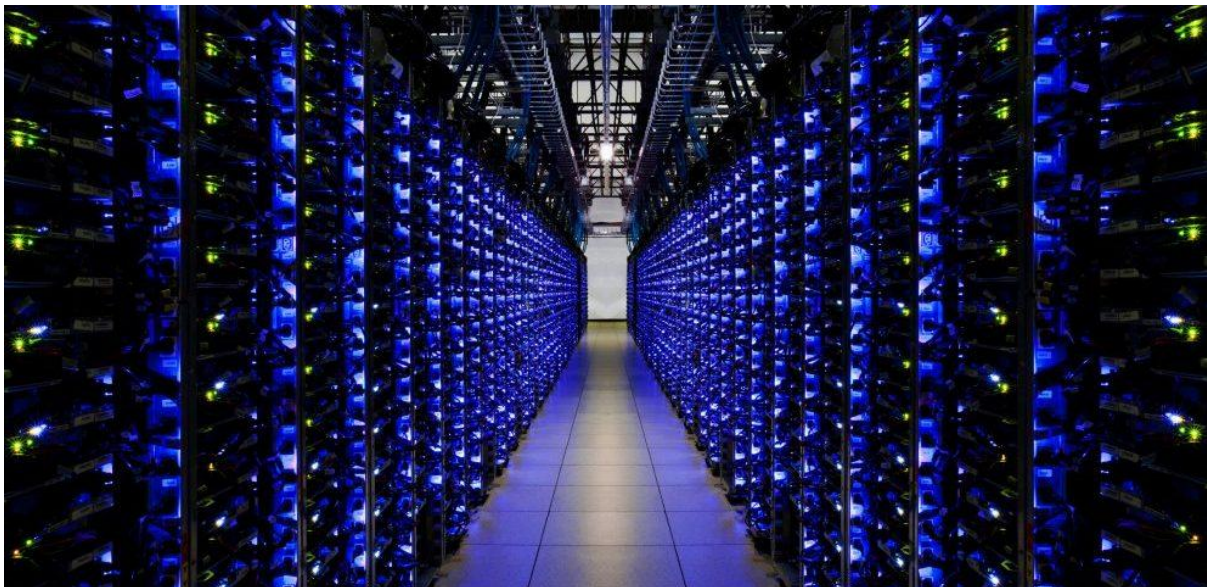


Figura 5: imatge d'un centre de dades per dins

Per explicar-ho d'una manera més senzilla, es podria dir que els servidors que s'utilitzen per emmagatzemar dades són com arxivadors d'oficines. Cada servidor és un moble on es guarden carpetes plenes d'informació com: fotos, vídeos, correus, pàgines web... Quan tu utilitzes el telèfon mòbil o l'ordinador i et connectes a internet, estàs demanant una d'aquestes carpetes.

Ara bé, un centre de dades vindria a ser un edifici sencer ple d'arxivadors. Un lloc gegant amb habitacions i passadissos i sales plenes d'aquests mobles. Però no només això, sinó que també hi ha gent vigilant, aire condicionat per a que els arxivadors no s'escalfin més del compte, llums d'emergència, extintors, càmeres... Tot per a que aquestes dades estiguin segurs i disponibles les 24 hores i els 7 dies de la setmana.

També hi ha servidors especialitzats en processar aquestes dades, fer càlculs massius, tractar i generar imatges i portar a terme tasques complexes com les que utilitza la intel·ligència artificial (IA).

Quan tu visites una web, per exemple, el que estàs fent és demanar-li a un d'aquests arxivadors que et porti la carpeta amb la resposta. Quan li fas una pregunta a ChatGPT, estàs demanar-li als servidors que processen dades que vagin a buscar-les a aquests arxivadors, que cerquin entre les carpetes i generin la resposta. Per a que tot això succeeixi hi ha una cadena d'electricitat, xarxes i màquines que es posen en funcionament en aquest gran edifici.

3. L'IMPACTE DELS MISSATGES

3.1 Enviar un WhatsApp: quin cost té realment?

Tot i que enviar un missatge de WhatsApp s'ha tornat una acció totalment quotidiana, molta gent no és conscient del seu impacte ambiental. Encara que la comunicació digital sembli immaterial, molts estudis mostren que cada missatge té una petjada de carboni associada, per molt petita que sigui. Aquesta, és difícil de mesurar amb exactitud ja que depèn de molts factors, com ara el dispositiu que s'utilitza, la connexió a internet o el temps que els missatges es mantenen actius als servidors. No existeixen dades empíriques exactes per a cada missatge, de manera que els càlculs es basen en estimacions i aproximacions.

Contrastant diverses fonts, un missatge de WhatsApp pot generar entre 0,01g i 0,2g de CO₂. Aquest rang és tan ampli perquè els resultats depenen de les metodologies que s'empren com per exemple la variabilitat de l'ús real: alguns missatges poden implicar un consum d'energia més elevat, mentre que altres menys, depenent de factors com el tipus de dispositiu, el temps que el missatge roman actiu, el nombre de destinataris o si el missatge conté imatges o vídeos, entre d'altres.

Ara bé, per fer càlculs és habitual fer servir un valor representatiu dins d'aquest rang. Per exemple, 0,05 grams de CO₂ per missatge és un valor que permet obtenir una estimació conservadora i coherent del consum d'un usuari habitual.

A partir d'aquí, és important entendre per què no és possible establir una xifra universal, que fa que s'hagi de treballar amb aproximacions. Com el consum energètic no depèn únicament del text en si, sinó del procés tecnològic que es posa en marxa, quan s'envia un WhatsApp, el telèfon activa els seus components de comunicació, xifra el missatge, el transmet a través de la xarxa, i el servidor el distribueix fins al destinatari. Tot aquest procés pot variar lleugerament segons

les condicions de la xarxa, de l'eficiència del dispositiu i del moment del dia en què es realitza la transmissió.

A més, cal tenir present que WhatsApp no és només un sistema de missatgeria o de comunicació, sinó una aplicació que manté una activitat constant en segon pla dins els nostres mòbils. Aquesta activitat inclou sincronitzacions, notificacions, realització de còpies de seguretat, manteniment de connexions i comprovació de nous missatges. Tot i que aquesta despesa energètica no es pot atribuir directament a un únic missatge, sí que influeix en el consum global associat a l'ús de l'aplicació. Això també explica per què un càlcul centrat exclusivament en el pes del missatge (que és molt petit) pot infravalorar l'impacte real si no té en compte aquests factors complementaris.

Per aquest motiu, molts estudis prefereixen calcular el cost per volum de dades en lloc del cost per missatge individual. Aquesta metodologia es basa en establir quants grams de CO₂ es generen per cada gigabyte (GB) transmès i després convertir aquest valor a escales més petites, com megabytes (MB) o kilobytes (kB). Aquesta aproximació té dos avantatges:

- Permet capturar l'impacte de totes les operacions associades a la transmissió de dades, no només del contingut del missatge.
- És més aplicable a l'ús real, perquè la majoria d'usuaris poden consultar els MB o GB que han consumit per WhatsApp, però no tots poden accedir al número de missatges rebuts o enviats.

Dins d'aquesta manera de calcular el cost que tenen els missatges de WhatsApp, diferents informes, inclosos a la bibliografia, mostren un rang d'entre 28 i 63 grams de CO₂ per gigabyte. Aquestes xifres provenen d'analitzar el consum energètic de les infraestructures de telecomunicació (xarxes fixes i mòbils, antenes, routers, tallafocs, centres de dades...) en relació amb la quantitat de dades que transporten. Si bé aquestes estimacions tampoc no poden considerar totes les variacions possibles, sí que són prou robustes per fer càlculs comparatius i orientar estudis sobre la petjada digital.

Així, quan es treballa amb les dades reals d'ús, la combinació d'aquestes dues aproximacions (per missatge i per GB) ofereix una aproximació o visió més completa.

L'aproximació per missatge ajuda a entendre el concepte de petjada mínima unitària, mentre que l'aproximació per gigabyte permet fer estimacions més ajustades al consum personal de cada usuari (tenint en compte que la majoria d'usuaris accedeixen més fàcilment als GB que als missatges).

Cal remarcar, però, que encara que cap de les dues metodologies és exacta, totes dues són adequades per aproximar la realitat des de perspectives complementàries.

Un altre aspecte que s'ha de tenir en compte és que, per molt que un sol missatge sembli insignificant i irrellevant, la importància ambiental no es troba en un missatge aïllat, sinó en la freqüència i escala. En el moment en el que hi ha milions d'usuaris enviant desenes, centenars o milers de missatges al dia, generen una demanda energètica global que les infraestructures han d'atendre. Per això, entendre el consum d'un sol missatge és essencial com a punt de partida: no perquè representi una emissió gran i realista, sinó perquè permet entendre com una acció petita i a simple vista insignificant pot esdevenir significativa quan s'acumula.

Tot i que tots aquests càlculs siguin aproximats, són perfectament vàlids en l'àmbit de la sostenibilitat digital. L'objectiu no és determinar un valor exacte fins al mil·ligram, sinó tenir una ordre de magnitud fiable, que permeti reflexionar sobre els hàbits digitals i comparar-los amb altres accions quotidianes. La precisió absoluta no és possible perquè els sistemes digitals són complexos i variables, però una aproximació ben justificada dona prou informació per entendre la dimensió real de l'impacte i per enllaçar correctament amb l'anàlisi de la petjada personal que es desenvoluparà a la part pràctica del treball.

3.2 Què contamina més: un missatge llarg o molts missatges curts?

La resposta a la pregunta de si contamina més un missatge llarg o molts curts és molt útil a la hora de comunicar-nos a través de missatges i s'hauria de tenir en compte sempre que es pugui per ser una mica més ecològics. Consideraré un missatge curt fins a 200 caràcters, i un missatge llarg a partir de 201 caràcters.

La clau per trobar que és el que realment contamina més està en com es transmet la informació, també tenint en compte el nombre d'interaccions que es fan amb el servidor de WhatsApp:

- Un missatge llarg es transmet de cop, pel que ocupa una mica més d'espai de dades, però només es fa una connexió al servidor (enviant un "paquet" gran).
- En canvi, quan enviem molts missatges curts cada un d'ells crea una nova connexió als servidors i aquests han d'emmagatzemar més dades (hora, notificació, còpies de seguretat...). Així que tot i que el missatge en si sigui més curt, el cúmul de dades que fa/gasta és superior al d'un sol missatge llarg.

En resum, per a la mateixa quantitat d'informació, contamina més enviar diversos missatges curts que un de llarg, ja que es multiplica el nombre de connexions i de l'emmagatzemament que se li associa.

3.3 Trucades i videotrucades

Avui dies la majoria de la gent aprofita una eina molt útil que ens proporciona WhatsApp que són les videotrucades. Molta gent ha passat de fer trucades normals a fer videotrucades per parlar amb la gent mentre la veu, i pensant que és molt millor que una trucada normal, però no tenen en compte que fent-la estan contaminant moltíssim, ja que no només estàs escoltant a l'altre persona sinó que també l'estàs veient en temps real siguis on siguis (sempre que hi hagi cobertura i sigui possible fer-ne una), quelcom molt impressionant.

Segons la revista *Resources, Conservation and Recycling*, una sola hora de videotrucada emet 1.000 grams de CO₂, i això es podria reduir fins a un 96% si aquesta mateixa trucada de la mateixa llargada es fes amb la càmera apagada.

Aquestes dades en fan veure que, tot i que les noves tecnologies ofereixen grans avantatges i ens faciliten la comunicació a distància, també comporten un impacte ambiental que no sempre és visible. Tenir consciència d'aquest fet és essencial per impulsar un ús més responsable i sostenible dels recursos digitals. Cal trobar un equilibri entre la comoditat que ens aporten aquestes eines i la responsabilitat ambiental que tenim com a usuaris.

4. ELS ASSISTENTS VIRTUALS I LA IA

4.1 Com funcionen i on s'emmagatzemen

Avui en dia la IA s'utilitza com a principal recurs per a moltes cerques, sense ser conscients del cost que té i cada cop es recorre a ella per més i més tasques. Espanya, per exemple, és el quart país del món que fa més ús de la intel·ligència artificial, i ja s'ha comprovat que actualment la IA consumeix del 5% al 9% de la energia mundial. Pel 2030 s'estima que aquest consum estigui oscil·lant al voltant del 20%, volent dir que va creixent gairebé exponencialment.

Els assistents virtuals, com ChatGPT, funcionen a través de models d'aprenentatge automàtic molt grans, entrenats amb milions i milions de textos i amb tot tipus de dades, de les quals extreuen decisions i prediccions de manera autònoma. Aquest entrenament requereix servidors amb processadors d'alta potència (GPU, de Graphics Processing Unit en anglès) i molta memòria, que consumeixen quantitats molt grans d'electricitat. A més, les dades no s'emmagatzemen en un únic lloc: com en el cas de les webs o dels missatges, es distribueixen en centres de dades d'arreu del món, que necessiten mantenir-se operatius 24 hores al dia i refrigerats constantment per evitar sobreescalfaments, fet que també incrementa el consum energètic.

Aquest elevat consum d'energia té repercussions directes cap al medi ambient. Gran part de l'electricitat prové encara de fonts fòssils/energies no renovables, generant grans emissions de CO₂. Estudis recents han estimat que entrenar un model d'IA com ChatGPT pot arribar a emetre centenars de tones de CO₂. Com a referència, un cotxe hauria de fer 4.900 km, més que l'equivalent d'anar de Barcelona a Jerusalem, per emetre una sola tona de CO₂. Així, tot i que la IA ofereix avantatges enormes en eficiència i productivitat, també té un impacte ambiental molt important que cal tenir en compte.

4.2 Quant costa (energèticament) fer una consulta d'IA (ChatGPT)

Aproximadament un 5% de la població mundial té compte a ChatGPT, i a més, s'estima que gairebé la meitat de la població espanyola i un 25% dels estatunidencs l'ha fet servir algun cop.

Al generar un text de ChatGPT de 100 paraules, consumim uns 519 mL d'aigua (una ampolla de mig litre) i cada resposta de 100 paraules implica un consum aproximat de 0,14 kWh, equivalent al que consumeixen 14 bombetes LED durant una hora. Si aquest número el multipliquem per tots els milions d'usuaris i totes les consultes que fan, l'impacte és enorme.

Si només un 10% d'estatunidencs (uns 34 milions de persones) l'utilitzen durant una setmana, el consum anual d'aigua rondaria els 435 milions de litres, suficient per proveir totes les llars de la ciutat Barcelona (unes 700.000) durant un 20 dies.

Gasta tot això perquè els servidors que operen en centres de dades generen grans quantitats de calor ja que han de realitzar milers de càlculs per a cada resposta. Per evitar sobreescalfaments, el sistema necessita refredament constant, i molts cops és mitjançant sistemes que utilitzen aigua per donar calor a les torres de refrigeració (és semblant a quan la suor refreda el cos humà). En zones on hi ha falta d'aigua, s'utilitzen sistemes elèctrics d'aire condicionat, però això fa que costi més energèticament.

A més, cal tenir en compte que el cost d'una sola consulta no només depèn de la generació del text en si, sinó també de tota la infraestructura que hi ha al darrere. Abans que l'usuari rebi la resposta, els servidors han d'activar múltiples capes del model, transmetre dades entre diferents màquines i gestionar còpies de seguretat i sistemes redundants per garantir que el servei no falli. Tot aquest procés implica un consum energètic extra que sovint no es percep. Encara que individualment sembli insignificant, quan milions de persones fan consultes simultànies, la demanda elèctrica augmenta de manera dràstica. És per això que grans empreses tecnològiques estan buscant maneres d'optimitzar els models, reduir el consum

de potència de les GPU i utilitzar fonts d'energia pròpies (renovables i no renovables), ja que el funcionament d'assistents com ChatGPT esdevé un component cada vegada més rellevant en el conjunt del consum digital global.

4.3 Quant costa demanar-li a ChatGPT que et generi una fotografia?

Tot i que sembli que una imatge és fàcil de generar i que gasta el mateix crear-la que crear un text, estem molt equivocats. Crear una imatge amb IA gasta entre 5L i 50L d'aigua, depenent de si és molt complexa o si no ho és tant. Aquesta aproximació equivaldria a tota l'aigua que gasta una família en un dia. Si ens posem a pensar en la de famílies que manquen d'aigua, veiem realment l'impacte que té això i com aquesta aigua (la majoria de cops desaprofitada) podria salvar a moltes famílies de set i d'higiene. Només generant imatges amb intel·ligència artificial es desaprofiten 43,2 milions de litres d'aigua al dia, una dada molt preocupant.

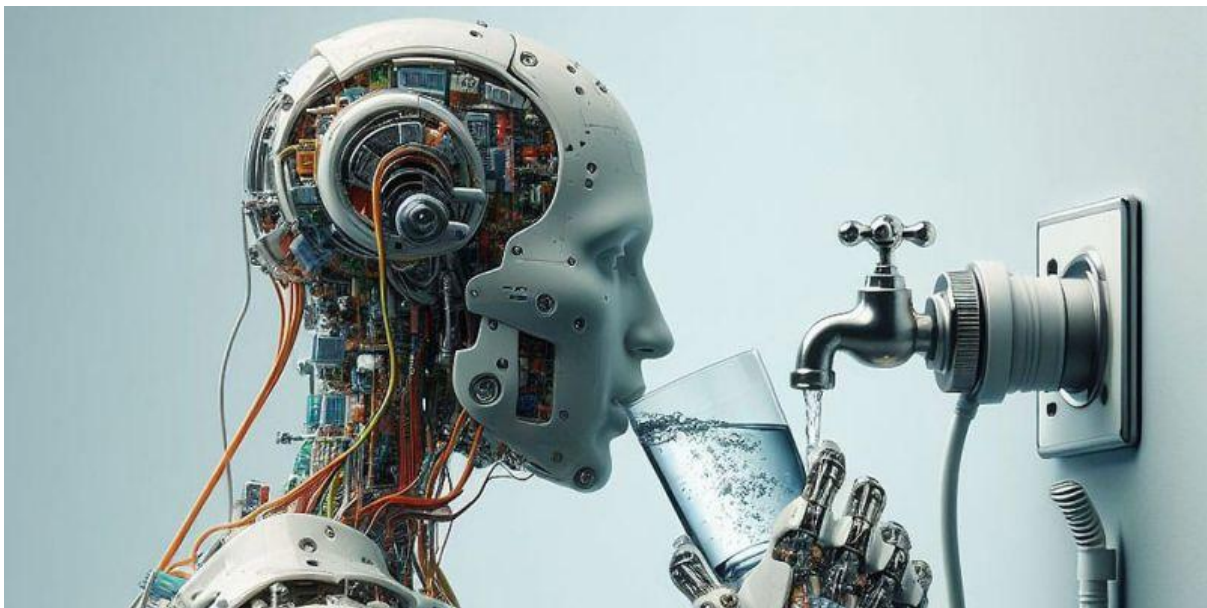


Figura 6: imatge metafòrica representant l'aigua que consumeix generar una imatge amb IA

A part del consum d'aigua, la generació d'imatges també implica un consum d'energia molt més elevat que el d'un text. Els models de creació d'imatges, com

ChatGPT, DALL·E, Midjourney o Stable Diffusion, són molt més pesats i necessiten un nombre molt més alt de càlculs per produir una sola fotografia. Per exemple, mentre que una resposta escrita requereix activar una part del model lingüístic, la generació d'imatges mobilitza xarxes neuronals (un tipus d'algorisme d'aprenentatge automàtic inspirat en el cervell humà) entrenades amb milers de milions de paràmetres i processa imatges d'alta resolució, fet que multiplica el consum energètic per diverses vegades. Això fa que una sola imatge pugui consumir diversos minuts de treball intens de GPU, amb el constant increment de calor i, per tant, la pertinent necessitat de refrigeració.

A més, aquestes imatges no es generen de manera "instantània": el procés inclou diversos passos de perfeccionament, comprovacions de seguretat i, en alguns sistemes, generació prèvia de miniatures o previsualitzacions. Tot aquest procediment afegeix més despesa energètica per cada sol·licitud. Quan pensem en milers d'usuaris generant desenes d'imatges al mateix temps, l'escala esdevé enorme: els centres de dades han de mantenir un rendiment constant, fet que augmenta encara més l'impacte ambiental.

Aquest fet ha portat experts i empreses tecnològiques a advertir que la creació massiva d'imatges amb IA podria convertir-se en una de les fonts de consum digital més grans de la pròxima dècada. Tot i així, l'ús responsable per part dels usuaris també és clau: demanar imatges només quan realment són necessàries pot disminuir significativament la despesa d'aigua i energia associada.

4.4 Diferència de cost energètic entre una cerca d'IA i una cerca normal a internet

Segons diversos estudis recents, una consulta feta a una IA com ChatGPT pot arribar a consumir deu vegades més energia que una cerca convencional a Google. Això és perquè, mentre que una cerca tradicional simplement recupera informació d'una base de dades ja classificada, una consulta d'IA requereix activar un model enorme, amb milers de milions de paràmetres que han de calcular-se en temps real per generar una resposta coherent i personalitzada.

A més, els motors de cerca estan optimitzats des de fa dècades per reduir el consum energètic: utilitzen memòries cau, algorismes d'indexació i infraestructura distribuïda molt eficient. En canvi, els models d'IA encara tenen un cost computacional molt superior, sobretot perquè no es limiten a recuperar informació, sinó que creuen dades, les processen i generen contingut nou a partir d'elles.

Això significa que, mentre que una cerca normal pot consumir només uns pocs watts durant fraccions de segon, una consulta d'IA activa diverses GPU o acceleradors de càlcul durant segons o fins i tot minuts, depenent de la complexitat de la resposta. Per aquest motiu, si els usuaris substituïssin totes les cerques tradicionals per cerques amb IA, el consum energètic global del sector tecnològic podria multiplicar-se de manera preocupant.

Així doncs, encara que la IA ofereix més precisió, resum, i capacitat de raonament, també implica un cost ambiental més alt, fent necessari plantejar un ús equilibrat i responsable combinant cerques clàssiques amb consultes d'IA només quan realment aporten valor i són estrictament necessàries.

5. SOLUCIONS I BONES PRÀCTIQUES:

5.1 Com reduir la petjada digital personal

La reducció de la petjada de carboni digital és un repte cada cop més rellevant i urgent en una societat cada vegada més dependent de les tecnologies. Tot i que l'impacte individual de cada missatge o consulta és petit, la magnitud global de l'ús de serveis com WhatsApp i les aplicacions d'intel·ligència artificial converteix aquest consum digital en una font significativa d'emissions. Per això, és essencial adoptar un conjunt de bones pràctiques tant a escala individual com global que permetin disminuir la demanda energètica i optimitzar l'ús d'aquests serveis digitals.

En primer lloc, un dels àmbits més efectius és la gestió dels continguts multimèdia. L'enviament de fotografies, vídeos o notes de veu és una de les principals fonts de consum energètic dins de la comunicació instantània. Intentar reduir la mida dels arxius abans d'enviar-los, evitar reenviaments innecessaris o utilitzar formats més lleugers pot disminuir la quantitat de dades transmeses i, per tant, el consum dels servidors. A més, desactivar la descàrrega automàtica de contingut a WhatsApp ajuda a evitar el processament de fitxers que l'usuari realment no necessita.

Un altre aspecte rellevant és la optimització dels dispositius. Allargar la vida útil dels telèfons mòbils i ordinadors, segurament és la mesura més fàcil i eficaç per reduir l'impacte ambiental, ja que part de la petjada de carboni prové de la seva fabricació. Utilitzar el dispositiu fins al final del seu cicle de vida, realitzar manteniment bàsic (com neteja d'arxius, actualitzacions o canvi de bateria quan sigui possible) i fomentar la reutilització o el reciclatge correcte contribueixen directament a reduir emissions. A més, ajustar configuracions com la brillantor de pantalla, activar modes d'estalvi d'energia o tancar aplicacions en segon pla redueix el consum elèctric diari.

Pel que fa a les aplicacions d'intel·ligència artificial, és molt important fomentar-ne un ús racional i eficient. Les consultes a grans models d'IA requereixen processament en centres de dades d'alt consum energètic. Per tant, és recomanable concentrar preguntes, evitar consultes innecessàries i utilitzar models menys pesats quan sigui possible. Les institucions i empreses, després d'investigar per optimitzar segons l'ús que en facin, també poden triar models o eines d'IA que necessitin menys potència de càlcul, i així disminuir el consum d'energia del sistema.

A escala col·lectiva, les organitzacions poden implementar polítiques digitals sostenibles, com ara contractar serveis d'allotjament amb energia renovable, reduir la quantitat de correus electrònics interns o utilitzar sistemes de comunicació més eficients. Paral·lelament, és important sensibilitzar i formar els usuaris en competències digitals sostenibles perquè entenguin l'impacte real de les seves accions tecnològiques.

Finalment, la societat pot avançar cap a una cultura digital més responsable promovent la desconexió conscient. Limitar l'ús innecessari del mòbil, evitar l'emmagatzematge en massa d'informació al núvol (model per oferir serveis informàtics com emmagatzematge, bases de dades, xarxes o programari a través d'Internet) i revisar regularment aplicacions que no s'utilitzen ajuda a reduir el consum energètic.

En conjunt, totes aquestes mesures, aplicades de manera coherent i sostinguda, poden contribuir de manera significativa a reduir la petjada de carboni de la comunicació digital, fent compatible l'ús de tecnologies com WhatsApp i la intel·ligència artificial amb uns objectius climàtics més sostenibles.

5.2 Alternatives més sostenibles

A mesura que la consciència ambiental augmenta, també creix la necessitat de trobar alternatives més sostenibles en l'àmbit de la comunicació digital. L'objectiu principal d'aquestes alternatives és minimitzar la demanda energètica associada

al processament, emmagatzematge i transmissió de dades, sense deixar de banda la funcionalitat ni la qualitat dels serveis que utilitzen milions d'usuaris cada dia.

Una primera alternativa és l'ús de plataformes de missatgeria més lleugeres i eficients energèticament. Encara que WhatsApp és de les aplicacions més utilitzades, altres aplicacions, com Telegram o els serveis de SMS (*Short Message Service*), envien les dades de manera més eficient i redueixen la càrrega dels servidors, amb el que poden ser una opció més sostenible. Aquestes plataformes poden transmetre fitxers i missatges utilitzant menys recursos, mantenint la seguretat i la privadesa de les comunicacions.

En segon lloc, una altra alternativa és l'emmagatzematge local i la gestió responsable del núvol. En lloc de guardar grans quantitats d'informació permanentment en servidors externs (que consumeixen energia de manera continuada) es pot prioritzar la descàrrega selectiva en dispositius propis. Això és especialment rellevant per a contingut multimèdia com fotos, vídeos, audios o documents que no necessiten ser accessibles de manera constant o dels que no necessitem una còpia de seguretat. Quan s'utilitza el núvol, escollir serveis que funcionin amb energies renovables o amb centres de dades certificats com a sostenibles redueix significativament la petjada de carboni.

Pel que fa a les aplicacions d'intel·ligència artificial, una alternativa sostenible és optar per models més petits o especialitzats que requereixin menys recursos computacionals. En lloc de consultar grans models generals per a qualsevol tasca, és possible utilitzar versions optimitzades o més petites per a funcions específiques, reduint així el consum energètic dels centres de dades. Algunes empreses també ofereixen serveis d'IA amb certificació d'eficiència energètica o amb opcions de processament en entorns més sostenibles, una bona alternativa per utilitzar sempre que es pugui.

Finalment, a nivell personal i empresarial, es poden explorar estratègies híbrides que combinin digital i físic, prioritzant reunions presencials o documents compartits de manera física quan sigui possible, reduint la dependència de servidors externs i el processament continu de dades. Aquesta aproximació

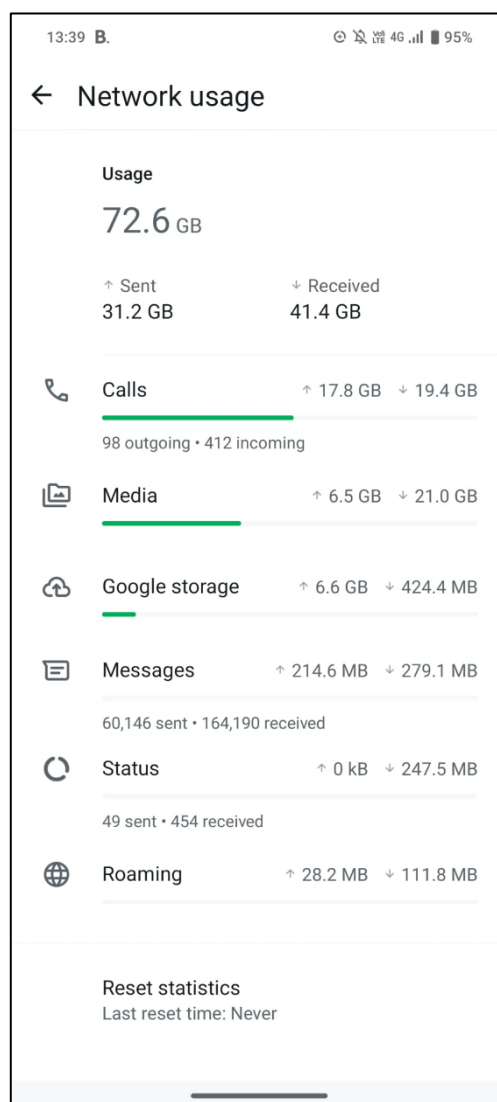
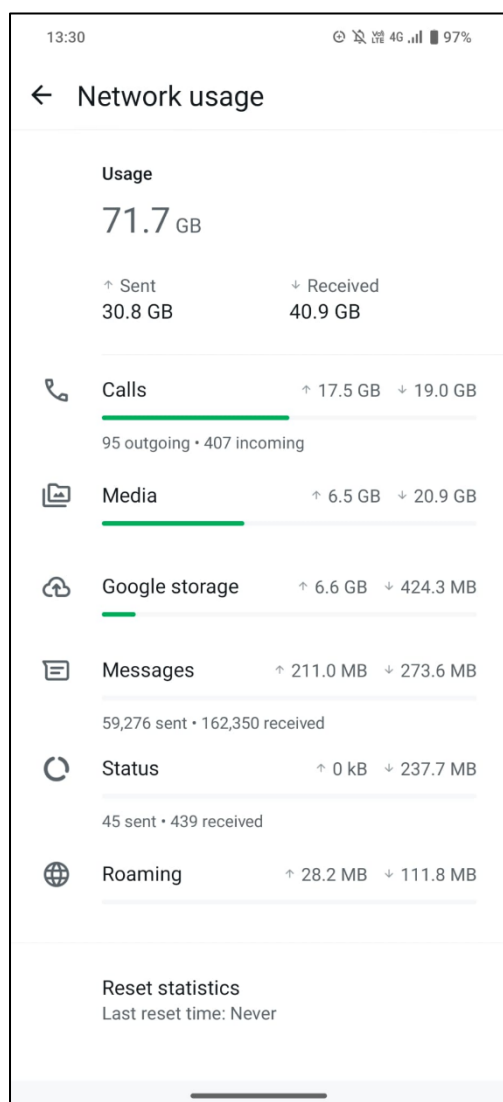
permet mantenir l'eficiència comunicativa sense incrementar de manera desproporcionada la petjada de carboni digital.

En resum, les alternatives més sostenibles combinen tecnologia optimitzada, gestió responsable de dades i canvis en els hàbits d'ús. Adoptar aquestes opcions no només ajuda a reduir l'impacte ambiental de la comunicació digital, sinó que també fomenta un ús de la tecnologia més conscient i respectuós amb el medi ambient.

6. PART PRÀCTICA

Quant contamina en una setmana els missatges enviats + rebuts d'una adolescent (només tenint en compte WhatsApp)?

Per analitzar fins a quin punt la comunicació digital pot arribar a contaminar el nostre dia a dia, vaig decidir fixar-me en la meva pròpia activitat a WhatsApp durant una setmana (del 13 al 20 d'octubre). L'objectiu no era només comptar quants missatges enviava o rebia, sinó entendre com aquests missatges, a la llarga, tenen un gran impacte en la natura i el món que ens envolta.



Figures 7 i 8: captures de pantalla els dies 13 i 20 d'octubre de 2025

Durant set dies vaig fer vida normal i vaig fer un seguiment dels missatges que enviava i dels que rebia. El que més em va sorprendre és que fins i tot sense adonar-me'n, rebia missatges tota l'estona, fins i tot quan era de nit o mentre estudiava.

També vaig observar el tipus de missatges que rebia: textos curts, àudios, imatges, vídeos o enllaços. Molts d'aquests eren "memes", missatges repetitius o molts missatges per dir només una frase (molt habitual entre adolescents). Aquest gran volum d'informació fa que sigui fàcil perdre temps i concentració, i que el mòbil es converteixi, a més d'en una eina que contamina, en una font de distracció contínua.

En conjunt, aquest petit experiment m'ha permès comprovar com, al llarg d'una sola setmana, la quantitat i la naturalesa dels missatges poden acumular una càrrega informativa important. Encara que sembli una cosa quotidiana i inevitable, crec que és útil prendre consciència de com ens afecta i intentar posar-hi límits per reduir aquesta contaminació digital.

Finalment, amb el total de missatges rebuts i enviats, em va sorprendre veure que el número era molt més elevat del que m'esperava, amb un total de 2.710 missatges.

Sabent que (com he explicat al punt 3.1) les estimacions científiques situen la petjada de carboni d'un missatge de WhatsApp només de text entre 0,01 g i 0,2 g de CO₂, per realitzar els càlculs de la meva part pràctica he utilitzat el valor de 0,05 g CO₂ per missatge, perquè representa un valor intermedi i raonable dins del rang, i permet fer una estimació coherent i conservadora del consum real.

Així doncs, tenint en compte que cada missatge genera 0,05 g de CO₂ i que la xifra total de missatges són 2.710, el total de grams generats de CO₂ en una setmana sols comptant els missatges enviats i rebuts de WhatsApp, és de 135,5.
← (0,05*2.710=135,5).

Ara bé, aquesta xifra, per si sola, pot semblar baixa. El que realment impressiona és pensar que aquesta petita quantitat es multiplica per cada persona. En el meu cas, durant aquella setmana vaig interactuar amb 67 persones diferents, i cadascuna d'elles genera un consum digital similar. Això dona una idea clara de com un acte aparentment insignificant pot convertir-se en un impacte considerable quan es multiplica per tota la societat.

No obstant, aquesta dada de 135,5 g de CO₂ setmanals per persona, és més impactant en el moment en què es veu el que s'ha generat durant un any: 135,5 grams de CO₂ * 52 setmanes = 7.046 grams de CO₂, és a dir 7,046 Kg de CO₂ a l'any per persona.

Per veure-ho de manera encara més gràfica, podem aplicar aquest mateix càlcul al conjunt de la ciutat de Barcelona, que té aproximadament 1,7 milions d'habitants. Si suposem que cadascun d'aquests habitants té una activitat digital similar a la meva pel que fa a WhatsApp, el resultat és sorprenent:

135,5 g de CO₂ per setmana * 1.700.000 habitants = 230.350.000 g, és a dir, 230.350 kg, que equivalen a 230,35 tones de CO₂ en només una setmana.

Per fer-nos una idea del que significa aquesta xifra, podem comparar-la amb altres activitats contaminats. Per exemple, anar de Barcelona a Madrid en cotxe genera aproximadament 75 kg de CO₂. Així doncs, la contaminació digital setmanal de Barcelona només pel WhatsApp equivaldria a una mica més de 3.000 viatges d'anada a Madrid en cotxe.

Aquesta comparació evidencia com l'impacte ambiental del nostre ús digital, tot i ser invisible, és real i acumulatiu. Ens mostra que cada missatge compta, i que un ús més conscient de les tecnologies pot tenir un efecte significatiu en la reducció de la petjada de carboni col·lectiva.

7. CONCLUSIONS I REFLEXIÓ PERSONAL

Al llarg d'aquest treball he pogut comprovar que la comunicació digital, tot i semblar immaterial i "innocent", té un impacte ambiental real i sovint molt més gran del que imaginem. El simple fet d'enviar un WhatsApp, fer una videotrucada o generar una resposta amb una IA activa una infraestructura global formada per servidors, centres de dades i xarxes que funcionen de manera constant i que necessiten grans quantitats d'energia i refrigeració. Aquesta realitat, que fins fa poc desconeixia completament, m'ha ajudat a entendre que darrere de cada acció digital hi ha un cost ambiental que no es veu, però que existeix i s'acumula.

Una de les idees que més m'ha impactat és que l'efecte no és que vingui d'un sol missatge o d'una consulta puntual, sinó de la suma de milions i milions d'usuaris fent el mateix alhora. Aquesta escala global converteix accions que individualment semblen insignificants en un problema ambiental considerable.

També m'ha sorprès especialment descobrir el consum d'aigua i energia associat a les consultes d'intel·ligència artificial i, encara més, a la generació d'imatges. No hauria imaginat mai que crear una sola fotografia pogués arribar a gastar l'aigua que utilitza una família en un dia.

A partir de tot el que he après, m'he adonat que el problema no és la tecnologia en si, sinó la manera com la utilitzem. Vivim en una societat on tot és immediat i accessible, i aquesta sensació de rapidesa i comoditat ens fa oblidar que darrere hi ha recursos limitats. A més, crec que aquesta falta de consciència és comuna entre la majoria de la població: estem acostumats a veure la contaminació manifestada físicament, com el fum d'un cotxe o una fàbrica, però no pensem que un missatge, un vídeo, una cerca a internet o una consulta d'IA també poden tenir un impacte ambiental.

Aquest treball m'ha portat a canviar certes rutines personals. Ara soc més conscient quan envio molts missatges seguits, quan faig videotrucades sense necessitat o quan consulto la IA per coses que podria buscar de manera

tradicional. Evidentment, no es tracta de deixar d'utilitzar aquestes eines, perquè formen part del nostre dia a dia i ens ofereixen moltíssims beneficis. Però sí que crec que podem fer un ús més responsable i equilibrat, triant millor quan i com utilitzem cada recurs.

També he arribat a la conclusió que cal educació digital sostenible. Si la majoria de persones coneguessin aquestes dades, probablement adoptarien hàbits més prudents. Penso que les institucions, ja siguin escoles o empreses tenen un paper clau, ja sigui fent servir energia renovable, optimitzant models d'IA, creant aplicacions més eficients o simplement conscienciant a la gent sobre aquest gran impacte. Però els usuaris també tenim una responsabilitat: cada petita acció conta, igual que passa amb el reciclatge o l'estalvi d'aigua.

En definitiva, aquest treball m'ha permès mirar la tecnologia des d'una perspectiva molt diferent. Ara la veig com una eina molt potent, però que demana una gestió conscient. Si volem seguir gaudint de les comoditats de la vida digital sense accelerar els problemes ambientals, cal que entenguem el que hi ha darrere de cada clic. Conèixer aquesta realitat no només m'ha fet més conscient, sinó que també m'ha fet sentir més responsable com a usuària. I crec que aquest és el primer pas imprescindible cap a un futur digital més sostenible.

8. ANNEX

Congrés Hiili a Madrid

Al mes de juny vaig tenir l'oportunitat d'assistir a un congrés a Madrid anomenat Hiili, que significa carbó en noruec, relacionat directament amb el tema del meu treball. Hi vaig anar perquè estava molt interessada en aprofundir en l'impacte ambiental de la tecnologia i volia aprendre més enllà del que trobava a internet. El congrés va durar dos dies i va reunir ponents d'un nivell molt alt: des de professors universitaris especialitzats o reguladors fins a caps d'empresa de companyies tecnològiques com Microsoft o Amazon o d'empreses usuàries d'IA com el Banc de Santander o Ernst and Young, que van explicar el seu punt de vista i com estan afrontant el repte de reduir el consum energètic dels seus centres de dades i la petjada ecològica dels serveis digitals.

L'ambient del congrés era molt dinàmic. Cada xerrada aportava un punt de vista diferent, i això em va ajudar a recollir tot tipus d'informació. Hi va haver 5 sessions:

- Institucions i administracions públiques
- Empreses tecnològiques
- Empreses usuàries d'IA i processos digitals
- Mesura i optimització de la petjada digital
- Regulació, societat i divulgació

Em va impressionar especialment veure com algunes de les grans empreses tecnològiques estan buscant solucions més sostenibles, i també sentir els investigadors que advertien sobre els riscos de continuar creixent digitalment sense tenir en compte els recursos del planeta.

Personalment, vaig trobar l'experiència molt enriquidora. Va ser realment interessant poder preguntar i escoltar experts que treballen directament en aquest camp i entendre la complexitat que hi ha darrere de cada avanç tecnològic. A més, em va motivar molt per continuar investigant i vaig aprendre coses que no hauria

descobert pel meu compte. Com que vaig explicar el tipus de treball de recerca que estava fent a alguns dels assistents, fins i tot em van sorprendre donant-me un premi a la sostenibilitat com a "jove promesa" i em van animar a continuar la recerca i dedicar-m'hi professionalment.



Figura 9: Durant el congrés Hiili, explicant el meu treball de recerca

Mirant enrere, assistir al congrés Hiili va ser una experiència que va complementar molt bé la meva recerca i em va ajudar a entendre millor la realitat que hi ha darrere del món digital.

9. BIBLIOGRAFIA

2. El món digital i el consum energètic

2.1 Què és la petjada de carboni i la petjada de carboni digital?

- A quick guide to your digital footprint
<https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/industrylib/reports/a-quick-guide-to-your-digital-carbon-footprint>
- Ensuring a successful ecological transition
<https://www.ademe.fr/en/frontpage/>
- ¿Qué es la huella de carbono digital y cómo reducirla?
<https://www.nutanix.com/es/info/digital-carbon-footprint#>
- Carbon footprint <https://www.britannica.com/science/carbon-footprint>
- Admin. (2023, September 3). Unmasking the silent contributors: revealing the carbon footprint of daily essentials. Industry Inscript.
<https://industryinscript.com/climate-tech-inscript/unmasking-the-silent-contributors--revealing-the-carbon-footprint-of-daily-essentials/>
- Assuncao, M. (2025, July 21). E-mail pollution underestimated. Global Climate Initiatives. <https://globalclimateinitiatives.com/en/la-pollution-des-mails-sous-estimee/>
- The carbon cost of streaming. (2025, February 14). Greenly.
<https://greenly.earth/en-us/leaf-media/data-stories/the-carbon-cost-of-streaming>

2.2 L'eficiència energètica en la comunicació digital

- Universidad Europea, Universidad presencial (Madrid, Valencia, Alicante, Canarias, Málaga) y Online. (2025, August 28). Escalas de la eficiencia energética: tipos y características. Universidad Europea.
<https://universidadeuropea.com/blog/eficiencia-energetica/#que-es-ee>
- Catalán, M. (2025, January 28). Eficiència energètica a les xarxes mòbils: reptes i oportunitats. MetaData.
<https://www.metadata.cat/opinio/5292/miguel-catalan-i2cat-eficiencia-energetica-xarxes-mobils-reptes-oportunitats>

- University of Twente. (2025, March 31). The energy costs of digital communication and how to reduce them. Universiteit Twente. <https://www.utwente.nl/en/eemcs/news/2025/3/236977/the-energy-costs-of-digital-communication-and-how-to-reduce-them>
- Tracking Energy Efficiency <https://www.iea.org/energy-system/energy-efficiency-and-demand/energy-efficiency#tracking>

2.3 Per què els missatges tenen un impacte ambiental?

- De Santos Gilsanz, A. (2021, December 6). Contaminación digital: cada mensaje de WhatsApp que enviamos emite 0,2 gramos de CO₂ a la atmósfera. El Español. https://www.elespanol.com/enclave-ods/semanales/20211206/contaminacion-digital-mensaje-whatsapp-enviamos-co-atmosfera/631937607_0.html

3. L'impacte dels missatges

3.1 Enviar un WhatsApp: quin cost té realment?

- Estimating Digital Emissions - Legacy - Sustainable web design. (2024, May 15). Sustainable Web Design. <https://sustainablewebdesign.org/estimating-digital-emissions-version-3>
- Stokel-Walker, C. (2024, October 31). Concerned about your data use? Here is the carbon footprint of an average day of emails, WhatsApps and more. The Guardian. <https://www.theguardian.com/environment/2024/oct/31/concerned-about-your-data-use-here-is-the-carbon-footprint-of-an-average-day-of-emails-whatsapps-and-more>
- La huella de carbono digital: una mirada integral al impacto de nuestras actividades tecnológicas. (2024, December 17). ECODES - Tiempo De Actuar. <https://ecodes.org/hacemos/cambio-climatico/mitigacion/ceroco2/la-huella-de-carbono-digital-una-mirada-integral-al-impacto-de-nuestras-actividades-tecnologicas>
- Al Kez, D., Foley, A. M., Laverty, D., Furszyfer Del Rio, D., Sovacool, B., & Queen's University Belfast. (2022). Exploring the sustainability challenges facing digitalization and internet data centers. Journal of Cleaner

Production, 371, Article 133633.

https://pureadmin.qub.ac.uk/ws/portalfiles/portal/357566784/1_s2.0_S0959652622032115_main.pdf

- Arnaudov, A. (2024, June 14). The carbon footprint of the internet. Sphera. <https://sphera.com/resources/blog/the-carbon-footprint-of-the-internet>
- Resources, Conservation & Recycling
- <https://www.sciencedirect.com/sdfe/pdf/download/eid/1-s2.0-S0921344920307072/first-page-pdf>

3.2 Què contamina més: un missatge llarg o molts missatges curts?

- Griffiths, S. (2022, February 24). Why your internet habits are not as clean as you think. <https://www.bbc.com/future/article/20200305-why-your-internet-habits-are-not-as-clean-as-you-think>

3.3 Trucades i videotrucades

- De Santos Gilsanz, A. (2021b, December 6). Contaminación digital: cada mensaje de WhatsApp que enviamos emite 0,2 gramos de CO₂ a la atmósfera. El Español. https://www.elespanol.com/enclave-ods/semanales/20211206/contaminacion-digital-mensaje-whatsapp-enviamos-co-atmosfera/631937607_0.html
- S, J. (2025, October 28). ¿Cuántos datos consume una llamada de WhatsApp? Lo analizamos para ti. Roami - ES. <https://myroami.com/es/internet/cuantos-datos-consume-una-llamada-de-whatsapp/>

4. Els assistents virtuals i la IA

4.1 Com funcionen i on s'emmagatzemen

- Patterson, D., Gonzalez, J., Le, Q., Liang, C., Munguia, L., Rothchild, D., So, D., Texier, M., & Dean, J. (2021, April 21). Carbon emissions and large neural network training. arXiv.org. <https://arxiv.org/abs/2104.10350>

- Explicación sobre la infraestructura de la inteligencia artificial. (n.d.). <https://www.redhat.com/es/topics/ai/ai-infrastructure-explained>
- What AI knows about us — and where it stores this information – Bunker Technical Solutions. (2025, August 12). <https://www.bunker.technology/what-ai-knows-about-us-and-where-it-stores-this-information/>
- Pictet Asset Management & Pictet Asset Management. (2025, April 16). ¿A qué se debe el elevado consumo energético de la IA? Pictet Asset Management. <https://am.pictet.com/pictetparati/invertir-en-innovacion/2025/consumo-energetico-ia>
- GmbH, E. (2025, December 12). What is a ton of CO2? Envoria. <https://envoria.com/insights-news/what-is-a-ton-of-co2>

4.2 Quant costa (energèticament) fer una consulta d'IA (ChatGPT)

- Parra, S. (2025, April 1). La sed de ChatGPT: la IA consume una cantidad de agua alarmante. National Geographic España. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/agua-que-gasta-chatgpt-y-otros-modelos-ia_23812
- Huella de carbono digital: qué supone enviar un mail. (n.d.). Biosphere Sustainable. <https://www.biospheresustainable.com/es/blog/65/huella-de-carbono-digital-que-supone-enviar-un-mail>
- Martín, A. (2025, March 28). Esta es la energía y el agua que gastas cada vez que creas una imagen mediante IA. Hipertextual. <https://hipertextual.com/ciencia/consumo-imagenes-ia/>
- Idescat. El municipi en xifres. (2025, December 12). <https://www.idescat.cat/emex/?id=080193>

4.3 Quant costa demanar-li a ChatGPT que et generi una fotografia

- Díaz, J. (2025, April 5). Cadena SER. Cadena SER. <https://cadenaser.com/nacional/2025/04/05/el-gasto-energetico-de-la-ia-cada-imagen-generada-con-chatgpt-consume-entre-2-y-5-litros-de-agua-cadena-ser/>

- Martín, A. (2025b, March 28). Esta es la energía y el agua que gastas cada vez que creas una imagen mediante IA. Hipertextual.

<https://hipertextual.com/ciencia/consumo-imagenes-ia/>

4.4 Diferència de cost energètic entre una cerca d'IA i una cerca normal a internet

- Editorial Team. (2025, January 22). AI Search Engines Vs Traditional Search Engines: Which One is the Better? Dorik.
<https://dorik.com/blog/ai-search-engines-vs-traditional-search-engines>
- Curiel, M. P. (2024, July 12). La IA utiliza 10 veces más energía que el buscador de Google. LAS EMPRESAS VERDES.
<https://lasempresasverdes.com/la-ia-utiliza-10-veces-mas-energia-que-el-buscador-de-google/>
- MediaTek Inc. (2025, July 9). ¿Sabías que una consulta en ChatGPT consume casi 10 veces más electricidad que una búsqueda en Google? Diferencia entre consulta a ChatGPT y a Google.
<https://www.mediatek.com/es/tek-talk-blogs/sab%C3%ADas-que-una-consulta-en-chatgpt-consume-casi-10-veces-m%C3%A1s-electricidad-que-una-b%C3%BAsqueda-en-google>
- Mireles, B. (2024, June 29). Consumo de energía, la cara oculta de la inteligencia artificial. Eje Central.
<https://www.ejecentral.com.mx/category/nuestro-eje/consumo-de-energia-la-cara-oculta-de-la-inteligencia-artificial>

5. Solucions i bones pràctiques

5.2 Alternatives més sostenibles

- Rammos, S., Mundra, M., Xu, G., Tong, C., Ziolkowski, W., Malavolta, I., & Vrije Universiteit Amsterdam. (n.d.). The impact of instant messaging on the energy consumption of Android devices. In Vrije Universiteit Amsterdam [Journal-article].
https://www.ivanomalavolta.com/files/papers/MOBILESoft_2021.pdf
- What is SMS? - Short Message Service Explained - AWS. (n.d.). Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/what->

<is/sms/#:~:text=SMS%20stands%20for%20Short%20Message,responsib le%20for%20handling%20SMS%20messages.>

6. Part pràctica:

- Ràfols, S. C. (2024, January 31). ¿Cuántos kg de CO2 generas en tu día a día? Transporte, alimentación y energía.

<https://blog.zeroconsulting.com/huella-de-carbono-ejemplos-cuotidianos>

8. Annex:

- ¿Cómo REDUCIR la huella de carbono en IA & procesos digitales?

<https://www.hiilicongress.org/congreso/index.html>

- La UC3M acude al primer congreso de su spin-off Hiili sobre reducción de la huella de carbono en IA y procesos digitales | UC3M. (n.d.).

[https://www.uc3m.es/ss/Satellite/InnovacionEmprendimiento/es/Detalle/Comunicacion_C/1371440221255/1371256298048/La UC3M acude al primer congreso de su spin-off Hiili sobre reduccion de la huella de carbono en I](https://www.uc3m.es/ss/Satellite/InnovacionEmprendimiento/es/Detalle/Comunicacion_C/1371440221255/1371256298048/La_UC3M_acude_al_primer_congreso_de_su_spin-off_Hiili_sobre_reduccion_de_la_huella_de_carbono_en_I)

LINKS FIGURES:

2. El món digital i el consum energètic

2.1 Què és la petjada de carboni i la petjada de carboni digital?

- Figura 1: petjada de carboni digital visualment
Apps que t'ajudaran a reduir la teva petjada de carboni
<http://plataformazeo.com/5-apps-que-tajudaran-a-reduir-la-teva-petjada-de-carboni/>
- Figura 2: gràfic de les emissions de diòxid de carboni d'activitats digitals freqüents

Dades tretes de:

- Admin. (2023b, September 3). Unmasking the silent contributors: revealing the carbon footprint of daily essentials. Industry Inscript.
<https://industryinscript.com/climatetech-inscript/unmasking-the-silent-contributors--revealing-the-carbon-footprint-of-daily-essentials/>
- Assuncao, M. (2025b, July 21). E-mail pollution underestimated. Global Climate Initiatives.
<https://globalclimateinitiatives.com/en/la-pollution-des-mails-sous-estimee/>
- The carbon cost of streaming. (2025b, February 14). Greenly.
<https://greenly.earth/en-us/leaf-media/data-stories/the-carbon-cost-of-streaming>

2.2 L'eficiència energètica en la comunicació digital

- Figura 3: etiquetes d'eficiència energètica
<https://pixabay.com/es/vectors/eficiencia-energ%c3%a9tica-energ%c3%ada-154006/>

2.3 Per què els missatges tenen un impacte ambiental?

- Figura 4: imatge de cinc servidors
Bonilla, L. (2025, November 24). Qué es un Servidor en Rack, tipos y cómo funcionan. Data Center Market.

<https://www.datacentermarket.es/tendencias-ti/que-es-un-servidor-en-rack-y-porque-es-importante-para-los-cpd/>

- Figura 5: imatge d'un centre de dades per dins
Datos. (2023, August 21). Que es un data center o centro de datos (CPD) | Datos 101. <https://www.datos101.com/blog/que-es-un-data-center/>

4. Els assistents virtuals i la IA

4.3 Quant costa demanar-li a ChatGPT que et generi una fotografia?

- Figura 6: imatge metafòrica representant l'aigua que consumeix generar una imatge amb IA
López, A. V. (2024, July 17). En datos: la IA no es sostenible. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/news/story/en-datos-la-ia-no-es-sostenible-6084148/>

6. Part Pràctica

- Figures 7 i 8: captures de pantalla els dies 13 i 20 d'octubre de 2025.
Imatges pròpies.

8. Annex

- Figura 9: Durant el congrés Hiili, explicant el meu treball de recerca
Hiili Congress Fotografías https://hiilicongress.org/fotos/hiili_fotos_alta.zip

