



Universidad Politécnica
de Madrid



**Escuela Técnica Superior de
Ingenieros Informáticos**

Grado en Ingeniería Informática

Trabajo Fin de Grado

Memoria

**Contabilidad Ambiental: Integración
para pymes españolas**



Autor: Ignacio Follente Bayo

Tutora: Pilar Quevedo Cano

Madrid | Junio, 2025

Este Trabajo Fin de Grado se ha depositado en la ETSI Informáticos de la Universidad Politécnica de Madrid para su defensa.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Informática

Título: Contabilidad Ambiental: Integración para pymes españolas

Junio 2025

Autor: Ignacio Follente Bayo

Tutora: Pilar Quevedo Cano

Ingeniería de Organización, Administración de Empresas Y Estadística

ETSI Informáticos

Universidad Politécnica de Madrid

Resumen

La contabilidad ambiental ha cobrado relevancia en los últimos años como respuesta a la necesidad de valorar y reflejar los impactos medioambientales generados por la actividad económica de las empresas. En el contexto actual, donde la sostenibilidad y el cumplimiento normativo adquieren un peso creciente, se vuelve fundamental integrar estos impactos en la contabilidad empresarial. La Directiva CSRD y los estándares ESRS establecen un marco regulador en Europa, que obliga a muchas organizaciones a reportar indicadores ambientales, sociales y de gobernanza. Sin embargo, la mayoría de las pymes carecen de herramientas prácticas que les permitan convertir sus consumos de suministros en costes monetarios auditables y compatibles con el Plan General de Contabilidad.

Este Trabajo Fin de Grado tiene como objetivo general **demostrar la viabilidad de incorporar la contabilidad ambiental al sistema contable de una pyme española**, utilizando para ello tanto referentes normativos como soluciones digitales de bajo coste. Para ello, se ha llevado a cabo un estudio que incluye: una revisión teórica de los conceptos clave de la contabilidad ambiental y su relación con la contabilidad financiera y de costes; el análisis de la normativa vigente relacionada con la sostenibilidad y la contabilidad empresarial; y, finalmente, el diseño e implementación de una aplicación web sencilla que automatiza el proceso de cálculo, monetización y registro contable del coste ambiental.

El módulo desarrollado, denominado **Ecost**, permite a una pyme introducir sus consumos anuales de electricidad (kWh), combustible (litros) y agua (m³), calcular la huella de carbono generada (según los factores de emisión oficiales publicados por el MITECO) y monetizar ese impacto aplicando un precio del carbono (como el establecido en el mercado EU-ETS). Para validar el funcionamiento de la herramienta se ha utilizado un caso práctico basado en una pyme ficticia del sector de la mensajería. Los datos introducidos reflejan consumos realistas y permiten calcular una huella de **77,25 tCO₂e** anuales, lo que, al aplicar un precio medio de 70 €/t, da como resultado un coste ambiental de **5.408,22 euros**.

Además, este trabajo pone de relieve la importancia de **internalizar aquellos costes ambientales que tradicionalmente han sido externalizados** por las empresas, es decir, impactos negativos que afectan al entorno pero que no se reflejan en su contabilidad ni en sus precios. Al monetizar y registrar estos impactos (como las emisiones de gases de efecto invernadero), las empresas no solo cumplen con un principio de responsabilidad ambiental, sino que **mejoran la calidad de la información contable disponible para la toma de decisiones**. Incluir estos datos en la contabilidad de costes permite identificar procesos ineficientes, evaluar con mayor precisión la rentabilidad real de productos o servicios y anticipar futuros costes regulatorios o reputacionales. En este sentido, la contabilidad ambiental actúa como puente entre la sostenibilidad y la gestión empresarial eficiente, aportando valor tanto económico como ético.

En conclusión, este TFG demuestra que la contabilidad ambiental puede incorporarse de forma sencilla y efectiva al sistema contable de una pyme mediante el uso de herramientas digitales específicas. Esta integración no solo permite cumplir con las exigencias normativas actuales y futuras, sino que también aporta valor añadido a la empresa en términos de sostenibilidad, transparencia y toma de decisiones.

Abstract

Environmental accounting has gained increasing relevance in recent years as a response to the need to measure and reflect the environmental impacts generated by business activity. In the current context (where sustainability and regulatory compliance are gaining importance) it is essential to integrate these impacts into corporate accounting. The **CSRD Directive** and the **ESRS standards** define a regulatory framework in Europe that requires many organizations to report environmental, social, and governance (ESG) indicators. However, most small and medium-sized enterprises (SMEs) lack practical tools to convert their energy and water consumption into auditable monetary costs that are compatible with the **Spanish General Accounting Plan (PGC)**.

The main objective of this Final Degree Project is to demonstrate the feasibility of incorporating environmental accounting into the accounting system of a Spanish SME, using both regulatory references and low-cost digital solutions. To this end, the study includes: a theoretical review of key environmental accounting concepts and their relationship with financial and cost accounting; an analysis of the current regulations related to sustainability and business accounting; and finally, the design and implementation of a simple web application that automates the process of calculating, monetizing, and recording environmental costs.

The developed module, named **Ecost**, allows an SME to input its annual electricity (kWh), fuel (liters), and water (m³) consumption, calculate the associated carbon footprint (based on official emission factors published by MITECO), and monetize that impact using a carbon price (such as that from the EU-ETS market). To validate the tool, a case study was conducted using a fictional SME in the delivery sector. The input data reflect realistic consumption and result in an annual footprint of **77.25 tCO₂e**, which, when using an average price of €70/t, leads to an environmental cost of **€5,408.22**.

This project also highlights the importance of **internalizing environmental costs** that companies have traditionally externalized—negative impacts on the environment that are not reflected in accounting records or product prices. By monetizing and registering these impacts (such as greenhouse gas emissions), companies not only act more responsibly but also improve the quality of accounting information available for decision-making. Including these costs in cost accounting helps identify inefficient processes, better evaluate the actual profitability of products or services, and anticipate future regulatory or reputational risks. In this sense, environmental accounting serves as a bridge between sustainability and efficient business management, generating both economic and ethical value.

In conclusion, this project demonstrates that environmental accounting can be easily and effectively integrated into an SME's accounting system using specific digital tools. This integration not only supports compliance with current and future regulations but also adds value to the company in terms of sustainability, transparency, and informed decision-making.

Tabla de contenidos

1	Introducción	1
1.1	Contexto general: sostenibilidad y digitalización	1
1.2	Justificación del trabajo y Objetivos del TFG	2
1.3	Conceptos y definiciones básicas	2
2	Desarrollo	4
2.1	Marco teórico	4
2.1.1	Contabilidad ambiental	4
2.1.1.1	¿Qué es la contabilidad ambiental?	4
2.1.1.2	Diferencia entre contabilidad financiera, contabilidad de costes y contabilidad ambiental	4
2.1.1.3	Normativa relevante en España	5
2.1.2	Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	8
2.1.2.1	Introducción a la Agenda 2030	8
2.1.2.2	Relación entre ODS y el sector empresarial	8
2.1.2.3	ODS que busca cubrir el proyecto	9
2.1.3	Coste medioambiental	10
2.1.3.1	Concepto y tipos de impacto ambiental	10
2.1.3.2	Método para cuantificar el impacto	11
2.1.3.3	Fórmula y criterio para monetizarlo	12
2.1.3.4	Propuesta para contabilizar el coste ambiental	12
2.2	Tecnologías y herramientas actuales	14
2.2.1	Herramientas de cálculo de impacto ambiental	14
2.2.1.1	Recursos para contabilidad ambiental en pymes	14
2.2.1.2	Cálculo de costes: Contingent Valuation, FCA	15
2.2.2	Aplicaciones contables en España	16
2.2.2.1	Breve análisis de Golden .Net y Holded	16
2.2.2.2	¿Tienen módulo ambiental? ¿Cómo gestionan gastos relacionados con sostenibilidad?	19
2.2.3	Diagnóstico breve de una pyme española	21
2.3	Propuesta de solución tecnológica. Ecost	22
2.3.1	Objetivo del módulo	22
2.3.1.1	Qué pretende resolver	23
2.3.1.2	Usuarios objetivo (pymes españolas)	23
2.3.2	Diseño y Arquitectura	24
2.3.2.1	Requisitos funcionales y no funcionales	24
2.3.2.2	Diseño de pantallas y flujo de datos	25
2.3.2.3	Diseño de la arquitectura	30
2.3.2.4	Base de datos: estructura de tablas y “relaciones”	34

2.3.3	Tecnologías, desarrollo y buenas prácticas	35
2.3.3.1	Lenguajes, frameworks y librerías utilizadas.....	35
2.3.3.2	Herramientas y despliegue.....	37
2.3.3.3	Exportación de datos	39
2.3.3.4	Obtención de los factores de conversión.....	40
3	Caso práctico.....	42
3.1	Escenario simulado (empresa, actividad, impacto)	42
3.2	Cálculo del impacto y del coste ambiental	42
3.2	Informes generados por el sistema	44
4	Resultados técnicos y conclusiones del desarrollo	45
4.1	Rendimiento y fiabilidad de Ecost	45
4.2	Usabilidad, experiencia de usuario e integración.....	45
4.3	Limitaciones Detectadas.....	46
4.4	Mejoras a corto plazo	47
4.5	Conclusiones del proyecto	48
5	Análisis de Impacto	48
5.1	Impacto personal.....	49
5.2	Impacto empresarial.....	49
5.3	Impacto económico.....	50
5.4	Impacto social y cultural	50
5.5	Impacto medioambiental	50
5.6	Decisiones tomadas para mitigar impactos.....	51
5.7	Conclusiones del impacto y cierre	51
6	Bibliografía	52
6.1	Publicaciones utilizadas en el estudio y desarrollo del trabajo.....	52
6.2	Webs utilizadas en el estudio y desarrollo del trabajo.....	52
6.3	Herramientas utilizadas en el estudio y desarrollo del trabajo.....	54
7	Anexo	56
7.1	Ejemplos de código.....	57
7.2	Informe de originalidad de “Turnitin”	62

1 Introducción

1.1 Contexto general: sostenibilidad y digitalización.

En las últimas décadas, la humanidad se ha enfrentado a una creciente preocupación por el deterioro ambiental y el agotamiento de los recursos naturales, lo que ha impulsado el desarrollo de políticas y estrategias orientadas a la sostenibilidad. Este concepto surge con fuerza en 1987 tras la publicación del Informe Brundtland, en el que se define el desarrollo sostenible como: *“Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”* [8]. En este sentido, la sostenibilidad se concibe como una forma de equilibrio entre el desarrollo económico, la protección ambiental y la justicia social.

A la par de este movimiento global, hemos sido testigos de una revolución tecnológica que ha transformado todos los aspectos de nuestra vida. La digitalización, entendida como la integración de tecnologías digitales en los procesos económicos y sociales, ha abierto nuevas oportunidades para mejorar la eficiencia, la transparencia y la capacidad de respuesta de las organizaciones. En el contexto de la sostenibilidad, la digitalización ofrece herramientas poderosas para medir, gestionar y comunicar los impactos ambientales y sociales de las actividades empresariales.

La convergencia de ambos fenómenos, sostenibilidad y digitalización ha generado un nuevo campo de desarrollo que busca aprovechar las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para promover una economía más verde, justa e inclusiva. Las iniciativas de ciudades inteligentes, la economía circular y la contabilidad ambiental son ejemplos de esta sinergia. Además, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 impulsada por las Naciones Unidas refuerzan este enfoque al proponer metas concretas que requieren, necesariamente, sistemas de información precisos, actualizados y accesibles.

Desde el ámbito contable, esta transformación implica la necesidad de integrar datos no financieros [4] (emisiones de CO₂, consumo de agua o gestión de residuos) que previamente no se habían tomado en consideración, en los sistemas de información tradicionales. La contabilidad ambiental surge, así como una disciplina clave para facilitar este proceso, proporcionando marcos conceptuales y herramientas para identificar, medir y comunicar los costes e impactos ambientales de las actividades empresariales. En este nuevo escenario, la digitalización permite automatizar la recopilación y análisis de datos ambientales, generar informes integrados en tiempo real y mejorar la trazabilidad de las decisiones corporativas.

Autores como Bebbington y Larrinaga [8] destacan que la sostenibilidad no puede abordarse únicamente desde una óptica técnica o económica, sino que requiere una transformación profunda de los sistemas de gestión y control, donde la contabilidad cumple un papel central para visibilizar las relaciones entre actividad empresarial y límites planetarios “Handbook of environmental”.

En conclusión, el contexto actual exige una nueva forma de pensar y practicar la contabilidad, que incorpore tanto los desafíos medioambientales como las oportunidades que ofrece la digitalización.

1.2 Justificación del trabajo y Objetivos del TFG.

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado es desarrollar una herramienta tecnológica que permita automatizar la identificación, el cálculo y el registro contable de los costes medioambientales derivados de las operaciones económicas de una empresa, integrándolos en su sistema contable de forma coherente con la normativa vigente en España (en particular, el Plan General de Contabilidad) y en sintonía con los principios recogidos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030.

Con esta solución, se pretende avanzar en la adopción de prácticas empresariales sostenibles, facilitando que las pequeñas y medianas empresas (pymes) puedan incorporar en su día a día criterios ambientales cuantificables y económicamente trazables, sin necesidad de recurrir a herramientas complejas o costosas. La herramienta no solo proporciona un marco operativo para monetizar impactos como las emisiones de CO₂, el consumo de agua o energía, sino que también promueve la integración de estos datos en la toma de decisiones estratégicas y operativas.

Además, el TFG tiene como propósito ampliar y difundir el conocimiento sobre la legislación ambiental vigente y futura que afecta directamente a las pymes, dotándolas de una base informada que les permita cumplir con sus obligaciones normativas y anticiparse a los nuevos marcos de reporte. En este sentido, se propone una hoja de ruta realista, progresiva y jurídicamente fundamentada para que las pymes puedan iniciar o consolidar su transición hacia modelos de gestión más sostenibles, basados en datos objetivos y alineados con los criterios de transparencia, responsabilidad y eficiencia.

Este trabajo es crucial ya que la mayoría de las pymes en España no manejan estos conceptos medioambientales en su contabilidad, por lo que muchas veces pueden llegar a tomar decisiones erróneas ya que al no valorarse el coste ambiental se está trabajando sin tener en cuenta el entorno de explotación de la empresa. La sostenibilidad es ya una prioridad a nivel global impulsada por ODS y marcos normativos, además la digitalización y la obtención de datos permite realizar este tipo de cálculos complejos de forma sencilla, lo que permite la oportunidad de integrar la contabilidad ambiental en las herramientas actuales.

1.3 Conceptos y definiciones básicas.

- **Sostenibilidad:** capacidad de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer las de las generaciones futuras.
- **Coste medioambiental:** valor económico asociado al impacto ambiental negativo de una actividad, como emisiones o residuos.
- **Digitalización:** uso de tecnologías digitales para automatizar procesos y gestionar datos de forma eficiente.
- **Balance:** documento contable que refleja el patrimonio de una empresa en un momento concreto (activos, pasivos y patrimonio neto).
- **Cuenta de resultados:** informe que muestra los ingresos, gastos y el resultado (beneficio o pérdida) de una empresa en un periodo.
- **Asiento contable:** anotación que se realiza en el libro de contabilidad para registrar una entrada o salida, es decir, una compra o un pago por servicio prestado.

- **Huella de Carbono:** Total de emisiones de gases de efecto invernadero (expresadas en t CO₂-equivalente) asociadas a procesos, productos u organizaciones en un periodo determinado.
- **Emisiones GEI:** Gases (CO₂, CH₄, N₂O, etc.) que atrapan calor en la atmósfera y provocan cambio climático; se reportan en CO₂-equivalente. En este trabajo nos centramos en el CO₂.
- **Externalidad ambiental:** Coste o beneficio que una actividad impone a terceros y que no se refleja en el precio de mercado.
- **Monetización:** Conversión de impactos físicos (kg CO₂, m³ agua...) a unidades monetarias usando precios de mercado, precios sombra o valores sociales.
- **Factor de emisión:** Coeficiente que transforma una cantidad de actividad (p. ej., kWh de electricidad) en emisiones de CO₂e.
- **Pyme:** Empresa con < 250 trabajadores, ≤ 50 M€ de facturación o ≤ 43 M€ de activo.
- **Estudio de caso:** Estrategia cualitativa que investiga en profundidad un contexto único (empresa, proyecto) para extraer conclusiones transferibles.
- **Análisis del Ciclo de vida:** Evaluación holística de impactos ambientales desde la extracción de materias primas hasta el fin de vida de un producto o servicio.
- **Economía circular:** Modelo que busca mantener los recursos en uso el mayor tiempo posible mediante reducción, reutilización y reciclaje de materiales.
- **Frontend:** Capa de presentación que se ejecuta en el navegador y con la que interactúa el usuario.
- **Backend:** Lógica de negocio y servicios que se ejecutan en el servidor para responder a peticiones del frontend y devolver los datos pedidos.
- **API REST:** Interfaz que expone recursos mediante HTTP (GET, POST, etc.) siguiendo principios REST.
- **Endpoint:** URL concreta de la API que representa una operación o recurso.
- **JSON:** Formato ligero de intercambio de datos basado en parejas clave-valor; es el cuerpo habitual en peticiones/respuestas de la API.
- **Contenedor:** Entorno ligero que empaqueta código y dependencias para ejecutarse de forma consistente en cualquier sistema con Docker.
- **Git:** Sistema de control de versiones distribuido; junto con GitHub gestiona ramas y colaboraciones del código fuente.
- **Lazy Loading:** Carga diferida de módulos o rutas sólo cuando el usuario las necesita.

2 Desarrollo

2.1 Marco teórico

2.1.1 Contabilidad ambiental

2.1.1.1 ¿Qué es la contabilidad ambiental?

La **contabilidad ambiental** tiene como objetivo principal **identificar, medir, valorar y registrar los impactos que las empresas generan sobre el medio ambiente**, así como los costes e inversiones asociados a su prevención, corrección o compensación [1][3]. Es una rama de la contabilidad que busca incorporar los aspectos medioambientales en los sistemas contables tradicionales de las organizaciones.

A diferencia de la contabilidad clásica o financiera, que se enfoca en analizar el estado actual de la empresa mediante el registro de ingresos y gastos, la contabilidad ambiental **incluye información no financiera**, como emisiones de CO₂, generación de residuos, consumo de energía o uso de agua, y los convierte en datos contables útiles para la toma de decisiones.

La contabilidad ambiental se puede medir de dos formas:

- **Contabilidad ambiental física:** mide el uso de recursos naturales y la generación de residuos en unidades físicas (kg, litros, toneladas...).
- **Contabilidad ambiental monetaria:** asigna un valor económico a los impactos y costes ambientales, permitiendo su integración en los estados contables o informes específicos.

El objetivo de este trabajo es acercar a las empresas el concepto para que puedan tomar mejores decisiones gracias a asumir ciertos costes adicionales que normalmente derivan al medioambiente o a la sociedad [6] [35].

2.1.1.2 Diferencia entre contabilidad financiera, contabilidad de costes y contabilidad ambiental.

Es importante entender bien las diferencias entre estas tres ramas de la contabilidad [19].

La contabilidad financiera es la rama tradicional de la contabilidad encargada de registrar, clasificar y presentar las operaciones económicas de una empresa. Su objetivo principal es proporcionar información fiable, normalizada y útil para terceros (como inversores, Hacienda o bancos). La unidad de medida es monetaria. En España está regulada principalmente por el Plan General de Contabilidad (PGC) y otras normas internacionales que obligan a presentar de manera periódica una serie de documentos como el balance de situación, la cuenta de resultados (pérdidas y ganancias), el estado de cambios en el patrimonio neto y memoria. Digamos que es una **contabilidad normativa y obligatoria** que sirve tanto a las empresas como a terceros para conocer el estado económico de la empresa.

La contabilidad de costes es una contabilidad **interna** (no obligatoria) y analítica que permite calcular el coste real de los productos, servicios o procesos. Sirve para analizar la eficiencia, tomar decisiones, controlar gastos, etc. Permite una visión más personalizada y realista de la situación económica de una empresa.

La contabilidad ambiental está enfocada en valorar los impactos ambientales, sin embargo, puede estar representada en ambas contabilidades. Es opcional

su seguimiento, aunque existen normativas como el ISO 14008 [18] que nos da una visión sobre como seguir unas pautas para realizarla de manera correcta. Se puede medir a diferencia de las otras dos no solo de manera monetaria sino también de manera física. Los usuarios principales son tanto internos como externos. Su redacción es variable, es decir, se puede hacer registro de ella de manera personalizada. Es la única que mide de forma directa el impacto ambiental y consigue cuantificarlo y valorarlo.

La propuesta de valor está en aprovechar sus diferentes usos y **conectar la contabilidad ambiental con: la contabilidad financiera y la contabilidad de costes.**

2.1.1.3 Normativa relevante en España.

La contabilidad ambiental no constituye actualmente en España una obligación para las pymes. Sin embargo, existen normativas y marcos legales que permiten (e incluso exigen) incorporar información ambiental en determinados contextos, especialmente en el caso de empresas grandes o con interés público. Es importante entender también no solo las normativas actuales sino también las futuras y las regulaciones que permiten abordar el problema de la contabilidad ambiental.

Plan General de Contabilidad, de ahora en adelante **PGC**, fue aprobado por el Real Decreto 1514/2007. Toda empresa española debe llevar una contabilidad financiera regulada por el PGC. Aunque no impone llevar una contabilidad ambiental nos permite registrar aspectos medioambientales, aunque no esté preparado expresamente para ello, ya que deja huecos para registrar gastos y provisiones medioambientales [16].

El PGC articula la información financiera de la empresa en tres estados fundamentales. La Cuenta de Pérdidas y Ganancias (o cuenta de resultados) muestra, de forma ordenada, los ingresos y gastos devengados durante el ejercicio y permite determinar el resultado del periodo: beneficio o pérdida. El Balance de Situación refleja la fotografía patrimonial a una fecha concreta, desglosando los recursos controlados por la empresa (activo), las obligaciones con terceros (pasivo) y la diferencia entre ambos, que constituye el patrimonio neto. Por último, la Memoria complementa y amplía la información cuantitativa de los dos estados anteriores: describe las políticas contables aplicadas, detalla partidas relevantes, expone riesgos e incertidumbres (incluidos los ambientales) y facilita al lector la interpretación adecuada de los importes recogidos. Juntas, estas tres piezas proporcionan la imagen fiel de la situación económica, financiera y patrimonial de la entidad.

La **Ley 11/2018**, establece la obligación para determinadas empresas de elaborar un **Estado de Información No Financiera**, de ahora en adelante **EINF**, que debe incluir información sobre cuestiones medioambientales. Las empresas que superen dos de estos umbrales deberán formular el EINF: más de 250 trabajadores o 20M€ en activos o 40M€ de facturación. En este caso debido al Art. 49 del Código de Comercio [10] debes revelar: las emisiones de gases efecto invernadero (de ahora en adelante GEI), el consumo de energía y agua, el uso de recursos naturales y medidas de mitigación, información sobre contaminación, residuos y biodiversidad y una evaluación de riesgos medioambientales.

Aunque no se exige la valoración monetaria de estos impactos, la utilización de herramientas que calculen y moneticen estos impactos facilita el cumplimiento de esta normativa.

Es cierto que la mayoría de las pymes quedan fuera de esta regulación, pero si son capaces de sumar el coste ambiental y realizar un anexo EINF voluntario, no solo mejorarán la imagen y el acceso a financiación verde, sino que también conseguirán tomar mejores decisiones e invertir en ciertos activos que a la larga reducirán el coste de producción y el coste ambiental.

La **Corporate Sustainability Reporting Directive**, de ahora en adelante **CSRD** obliga a una serie de empresas a reportar sostenibilidad bajo **los European Sustainability Reporting Standards**, de ahora en adelante ESRS. La CSRD es una normativa de la Unión Europea que exige a las empresas revelar sus impactos ambientales, sociales y de gobernanza, y cómo estos afectan su negocio. Su objetivo es mejorar la transparencia en la información sobre sostenibilidad y facilitar la toma de decisiones de los inversores y otras partes interesadas.

Es importante porque existen fases [31] en las que cada vez más empresas tendrán que pasar a realizar estos reportes:

- 2025 → grandes > 500 empleados (Wave 1).
- 2026 → resto de grandes (Wave 2).
- 2027 → pymes cotizadas (Wave 3).
- 2029 → matrices extracomunitarias (Wave 4).

Nos centramos en las pymes cotizadas las cuales estarán obligadas a realizar el **ESRS LSME** (el hermano pequeño del ESRS) [12]. Serán aquellas empresas que coticen en mercados regulados por la UE y que no sean micro. Entrará en vigor a partir del comienzo del año 2026. Contendrá: 12 indicadores claves de desempeño, de ahora en adelante KPIs, repartidos en 3 bloques (Ambiental, Social, Gobernanza) y también contiene una explicación básica del modelo de negocio. Incluye entre otras cosas, el CO₂-e, consumo de energía/agua, porcentaje de proveedores auditados, etc.

Hay que mencionar que en febrero de 2025 se propuso retrasar las fases (“Waves”) 2 y 3 a 2027 y 2028 respectivamente (Omnibus 2025 – Stop-the-clock [31]), además de elevar el umbral (solo entidades con > 1000 empleados), a cambio se propone aprobar un estándar voluntario basado en VSME.

El **VSME** [13] es un estándar voluntario para pymes no cotizadas, tiene dos módulos: Básico (unos 20 datos clave), ideal para responder cuestionarios bancarios/proveedores. Ampliado (42 datos) para empresas que ya calculan huella de carbono y RSC.

Solo es una propuesta que todavía se tiene que aprobar por lo que es importante tener en cuenta ambos escenarios.

El **proyecto de Ley de Información Empresarial sobre sostenibilidad**, de ahora en adelante **PLIES**, es la traducción al castellano de la Directiva europea CSDR. Su misión es que la información verde, social y de gobernanza cuente casi tanto como los números del balance y, además, se presente y verifique con el mismo rigor que las cuentas anuales.

El PLIES sigue los ESRS con un enfoque de doble materialidad, es decir, distinguiendo entre el impacto de la empresa y el impacto sobre la empresa. Será en formato XHTML (web) para que cualquier analista pueda leer y comparar datos.

Si eres una pyme pequeña o no cotizada también es importante prepararte para el futuro ya que tus clientes grandes empezarán a pedirte datos ESRS para su propia cadena de valor, por tanto, usar el formato voluntario VSME te permitirá responder este tipo de demanda. Además, si tu pyme aspira a crecer, cotizar o trabajar con grandes grupos, empezar a preparar estos datos en 2025 te ahorrará sorpresas.

La norma **ISO 14008:2019** [18] proporciona un marco metodológico para la valoración monetaria de los impactos y aspectos ambientales relacionados. Permite convertir indicadores físicos (t CO₂, m³ agua, etc.) en € mediante tres familias de métodos: mercado, coste evitado y disposición a pagar. Esto es importante para seguir un método específico por el cual valorar el coste ambiental e introducirlo en nuestras cuentas [5].

El **Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico** [11], de ahora en adelante **MITECO**, nos proporciona una calculadora de huella de carbono. Te otorga el sello “Calculo-Reduzco-Compenso” y acceso a ayudas. El distintivo se concede por fases: primero «Calculo» (simple declaración y verificación de la huella); después «Reduzco», cuando la organización demuestra descensos relativos de emisiones; y finalmente «Compenso», al adquirir créditos de proyectos de absorción inscritos en España. Además de la ventaja reputacional, la inscripción desbloquea el acceso prioritario a determinadas **ayudas públicas** (por ejemplo, líneas de subvención para eficiencia energética o movilidad eléctrica) y puntúa en licitaciones con criterios verdes. De esta forma, la calculadora de MITECO no sólo estandariza los cálculos conforme a los factores oficiales del inventario nacional, sino que también funciona como pasarela para incorporar la huella de carbono al marco regulatorio.

Esta última opción que nos aporta MITECO es una perfecta forma de empezar a llevar una contabilidad ambiental, de manera que podemos calcular nuestra Huella de Carbono según los Alcances 1 y 2 (se explica en el apartado 2.1.3.2). Se puede consultar su manual [14] e incluso probar directamente su calculadora [15].

También es importante tener en cuenta un precio de referencia de mercado de lo que vale en euros una tonelada de CO₂. Según Reuters hasta el momento en 2025 estamos en torno a los 74€. Pero el año pasado, por ejemplo, fue de 64,7€ y el anterior de 83€.

2.1.2 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)



Ilustración 2.1. ODS

Fuente: <https://www.pactomundial.org/que-puedes-hacer-tu/ods/>

2.1.2.1 Introducción a la Agenda 2030.

Los **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)** son un conjunto de **17 objetivos globales** adoptados por las Naciones Unidas en el marco de la **Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible**. Su finalidad es abordar los principales desafíos sociales, económicos y ambientales del planeta mediante metas concretas a alcanzar antes del año 2030. Estos objetivos representan un **compromiso común entre gobiernos, empresas y ciudadanía** para construir un mundo más justo, sostenible e inclusivo. Cada ODS se divide en metas específicas y está acompañado de indicadores que permiten medir su progreso.

La agenda 2030 se basa en 5 ejes centrales (las 5 p), que son: **Personas, Planeta, Prosperidad, Paz y Partnership** (Alianzas) [9].

2.1.2.2 Relación entre ODS y el sector empresarial.

El sector empresarial es un **actor clave en el cumplimiento de los ODS**, ya que tiene capacidad para transformar modelos de producción, promover la innovación sostenible y generar impacto positivo tanto a nivel ambiental como social. Los ODS invitan a las empresas a: (i) medir y reducir su huella ecológica, (ii) incorporar criterios ESG (ambientales, sociales y de gobernanza) en su estrategia, (iii) ofrecer productos y servicios sostenibles y (iv) colaborar con gobiernos, ONG y otros sectores para multiplicar el impacto [33].

La realidad es que la mayoría de las grandes compañías ya ha comenzado a reportar sobre su contribución: el *KPMG Survey of Sustainability Reporting 2024* [33] muestra que el 64 % de las empresas analizadas y el 71 % del G250 enlazan sus informes de sostenibilidad con al menos un ODS; sin embargo, solo el 12 % describe impactos positivos y negativos y apenas el 20 % vincula metas concretas, lo que evidencia margen de mejora en la calidad del disclosure. El mismo estudio subraya que un 42 % ya ha realizado análisis de doble materialidad y un 79 % algún tipo de evaluación de materialidad, impulsados por la próxima entrada en vigor de la CSRD europea.

Además, la encuesta confirma que las prioridades corporativas siguen concentrándose en ODS 13 (Acción por el Clima), ODS 12 (Producción y

Consumo Responsables) y ODS 8 (Trabajo Decente y Crecimiento Económico), mientras que objetivos como ODS 2, 14 y 15 reciben mucha menos atención, lo que abre oportunidades para la diferenciación estratégica.

Desde un punto de vista técnico, los ODS también suponen una **oportunidad de innovación**, ya que requieren sistemas de medición, herramientas de análisis de impacto y mecanismos de reporte que puedan integrarse en plataformas digitales como las aplicaciones contables.

2.1.2.3 ODS que busca cubrir el proyecto.

El proyecto desarrollado en este Trabajo de Fin de Grado contribuye de forma directa a varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) recogidos en la Agenda 2030.

ODS 4. Educación de calidad. El desarrollo de este TFG promueve la generación y difusión de conocimiento técnico accesible sobre contabilidad ambiental, un ámbito aún en desarrollo en el entorno educativo universitario y empresarial. La documentación del proceso, el uso de tecnologías abiertas y la inclusión de fragmentos comentados de código en el anexo refuerzan su valor pedagógico. Además, el enfoque adoptado busca inspirar a otros estudiantes y profesionales a incorporar la sostenibilidad como parte integral de su formación y práctica, especialmente en el ámbito de la ingeniería y la economía.

ODS 7. Energía asequible y no contaminante. Facilita la identificación y valorización del consumo energético dentro de las pequeñas y medianas empresas. Al monetizar el impacto ambiental asociado al uso de energía la herramienta fomenta decisiones empresariales orientadas a la eficiencia energética y al uso de energías renovables. Así, se impulsa una transición hacia modelos productivos más sostenibles.

ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico. Al promover prácticas contables más responsables y sostenibles, el proyecto impulsa un modelo de crecimiento económico que integra la sostenibilidad como eje estratégico, fomentando además la innovación tecnológica en el sector financiero-contable.

ODS 9. Industria, innovación e infraestructura. La solución tecnológica propuesta representa una forma innovadora de incorporar la sostenibilidad en procesos de gestión empresarial, contribuyendo a modernizar infraestructuras digitales y a mejorar los sistemas de información de las empresas.

ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles. Aunque no es una solución directamente urbana, podría ser aplicada por entidades locales o empresas con impacto en entornos urbanos, facilitando la trazabilidad de impactos ambientales y la toma de decisiones más sostenibles a nivel territorial.

ODS 12. Producción y consumo responsables. El proyecto permitiría a las empresas conocer el impacto ambiental de sus actividades, productos o servicios, fomentando modelos de producción más conscientes y responsables a través de la contabilización transparente del coste ecológico.

ODS 13. Acción por el clima. Uno de los focos clave del sistema es el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (como el CO₂), lo que permitiría integrar el coste del impacto climático directamente en los registros contables, generando incentivos para reducirlo.

2.1.3 Coste medioambiental

2.1.3.1 Concepto y tipos de impacto ambiental.

En este apartado profundizamos en qué entendemos por **coste ambiental**, cómo clasificar sus impactos y por qué, cuando una empresa no los contabiliza, está trasladando ese coste al medioambiente y a la sociedad.

Definimos coste ambiental como el valor monetario asociado a las consecuencias que las actividades de los humanos producen sobre el medio ambiente, es decir, sobre la salud, los ecosistemas y los recursos naturales. Diferenciamos tanto costes **internos**, reconocidos formalmente por la empresa (impuestos, gestión de residuos), como costes **externos**, no asumidos por quien los origina, sino sufragados colectivamente (daños sanitarios, CO2 emitido al ambiente, pérdida de biodiversidad, etc.). El ISO 14008 [18] como marco metodológico nos da una visión de como convertir estos impactos físicos en unidades monetarias.

Distinguimos entre tres tipos de impacto:

- **Directo** (primario), se genera de forma inmediata durante la actividad dentro de los límites organizativos. Por ejemplo, emisiones de CO2 debido al consumo de combustible.
- **Indirecto** (secundario), aquel que se produce fuera del límite de la organización, pero es consecuencia de su actividad. Por ejemplo, consumo de electricidad, ya que en este caso será la compañía eléctrica la que realizará el impacto directo mediante por ejemplo la combustión de gas natural.
- **Acumulativo**, resulta de la suma de impactos directos e indirectos de múltiples proyectos en una misma zona (por ejemplo, nitratos agrícolas acumulados en un acuífero).

A su vez según su naturaleza estos impactos pueden ser Locales, Regionales o globales (según su extensión geográfica) y corto o largo plazo según su horizonte temporal (por ejemplo, ruido industrial vs cambio climático).

También hacemos una distinción según naturaleza física (Atmosférico, Hídrico, Edáfico, Biótico, Paisajístico y Acústico) y su carácter funcional:

- Contaminante, que introduce sustancias o energía no deseada (verter aguas residuales).
- Degradativo, que reduce la calidad o capacidad del entorno (deforestación).
- Transformador, que cambia el equilibrio del sistema (introducir especies invasoras)

Cuando una empresa no contabiliza sus costes ambientales, es decir, no internaliza los costes está trasladando el coste a terceros (consumidores, administraciones públicas y generaciones futuras). Este fenómeno se conoce como **externalidad negativa**, que se traduce como que contaminar salga barato o incluso gratis. Para corregirlo es importante insistir en internalizar las externalidades, ya sea vía impuestos o mejor aún de manera interna teniéndolos en cuenta y sobre todo permitiendo revelarlos para que inversores y clientes puedan exigir mejores prácticas responsables. Al realizar esta internalización la empresa u organización reconoce el impacto, lo hace visible y se plantea tomar decisiones para reducir el coste.

2.1.3.2 Método para cuantificar el impacto.

Medir el impacto ambiental es un paso clave para reconocerlo contablemente y tomar mejores y más sostenibles decisiones empresariales. En el ámbito de la contabilidad ambiental existen múltiples herramientas para medir impactos, pero muchas de ellas (por ejemplo, un Análisis de Ciclo de Vida completo) resultan demasiado complejas o costosas para una pyme que apenas está iniciándose. Sin embargo, para una pyme que desea comenzar a integrar criterios ambientales en su gestión sin recurrir a consultorías costosas ni herramientas avanzadas, lo mejor es optar por algo sencillo fiable y ya estandarizado.

En este sentido, la aproximación que se expone a continuación centra la atención en la **Huella de Carbono Corporativa simplificada** como punto de partida a partir de los estándares internacionales más reconocidos: **GHG Protocol** [32] y la norma **ISO 14064-1:2018**. La huella de carbono se ha convertido en la métrica de referencia para evaluar la mayor parte de los impactos ligados a la energía y a los materiales.

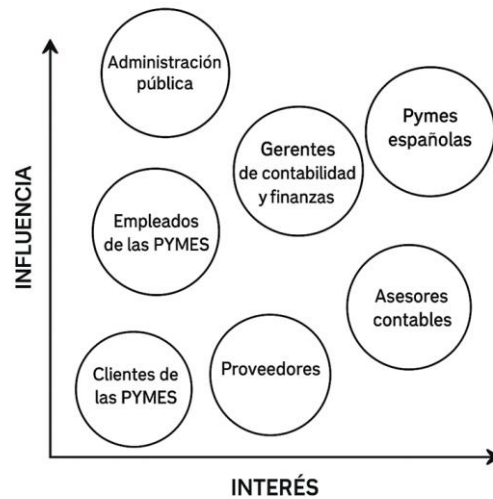


Ilustración 2.2. Mapa Stakeholders | Fuente: elaboración propia

El objetivo es calcular las emisiones de gases de efecto invernadero, de ahora en adelante GEI, asociadas a las operaciones de la empresa durante un ejercicio económico, expresarlas en toneladas equivalentes de CO₂ y asignarles un valor monetario en euros, de forma que este coste pueda reflejarse en la contabilidad.

Primero debemos limitar que emisiones se van a calcular. Definimos el alcance, según el GHC.

- Alcance 1: emisiones directas que provienen de fuentes propias o controladas por la empresa. Por ejemplo, combustión de gasóleo en vehículos propios o calderas de gas natural.
- Alcance 2: emisiones indirectas derivadas de la compra de electricidad o energía térmica. Aunque se producen fuera de la empresa, están asociadas directamente a su consumo.
- Alcance 3: todas las demás emisiones indirectas de la cadena de valor, como el transporte de proveedores, los desplazamientos de empleados o el ciclo de vida de los productos.

Para no abrumar a la pyme comenzaremos teniendo en cuenta los alcances 1 y 2 ya que los datos son fácilmente accesibles (facturas, consumo de combustible), representan más del 90% de la huella de carbono en sectores como servicios o

comercio minorista, que son la mayoría de las empresas en España. También reduce la complejidad del cálculo y permiten actuar sobre lo que realmente se controla.

Como segundo paso se tendrán que recopilar datos, es decir, las facturas de electricidad, gas natural, kilómetros recorridos por vehículos propios, etc. Este paso es clave no solo para el cálculo, sino también como trazabilidad documental ante auditorías, subvenciones o verificaciones futuras.

El tercer paso una vez con los datos en la mano pasaríamos a hacer el cambio a unidades de CO₂. Se aplican **factores de emisión oficiales** [34]. En España, MITECO publica anualmente un inventario con factores específicos para cada tipo de combustible y para la electricidad de la península, Baleares, Canarias y Ceuta-Melilla. Otra opción es emplear la API de ClimaTiq [20], entre otras, que incorpora la misma base de datos junto con valores DEFRA (Reino Unido) y US EPA, devolviendo las emisiones directamente en kg CO₂e. Por ejemplo, si una empresa consume 10.000 kWh de electricidad en la península, y el factor de emisión peninsular del MITECO es 0,186 kg CO₂/kWh, el resultado será: $10.000 \times 0,186 = 1.860 \text{ kg CO}_2 \text{ e} = 1,86 \text{ tCO}_2\text{e}$ [15].

2.1.3.3 Fórmula y criterio para monetizarlo.

En este paso permitimos traducir el impacto físico (emisiones) en un coste económico que puede ser registrado contablemente. Monetizar permite incorporar los impactos a la contabilidad financiera y de costes lo que permite de alguna forma tomar mejores decisiones. También permite comparar proyectos con criterios como el coste-beneficio y facilitar la divulgación de datos [2].

Tras realizar el tercer paso trasladamos esos kilos de CO₂ equivalente, de ahora en adelante CO₂e, a dinero. Para ello se elige un **precio de referencia del carbono**:

- Precio de mercado del EU ETS (régimen europeo de comercio de emisiones), que sirve como referencia realista de coste de emisión ($\approx 65\text{€}/\text{tCO}_2$ en 2024). [17]
- Precio social: estima el daño climático futuro y aparece en la literatura económica y en guías oficiales. Para España, MITECO recomienda $80\text{€}/\text{t}$ (MITECO, 2021). [17]
- Precio sombra o cualquier otro valor justificado por la empresa.

$$\text{Coste ambiental (€)} = \text{Emisiones (tCO}_2\text{e)} \times \text{Precio elegido (€/tCO}_2\text{e)}$$

Ilustración 2.3. Fórmula Coste Ambiental | Fuente: elaboración propia

El estándar ISO 14008:2019 describe cómo realizar esa valoración monetaria de forma transparente, registrando la fuente del precio y la metodología.

2.1.3.4 Propuesta para contabilizar el coste ambiental

La forma de reflejar el coste ambiental consiste en asignarlo a la **contabilidad de costes interna**: se calcula el importe monetario de las emisiones y se imputa a un centro de coste específico, por ejemplo, “Sostenibilidad y energía”. De esta

manera el dato se incorpora a los informes de control de gestión y permite evaluar la rentabilidad real de productos o servicios sin alterar los estados financieros oficiales.

Paralelamente, la empresa debe consignar en la **Memoria del PGC** [16] la metodología empleada (norma ISO 14008, fuentes de factores MITECO, hipótesis de precio de carbono) dentro del apartado «Riesgos e incertidumbres ambientales», junto con los planes de mitigación previstos. Todo esto con el objetivo de incidir en la idea de que el resultado que presenta la empresa no es totalmente realista y que se recalcula a nivel de contabilización interna, pero teniendo en cuenta el coste ambiental.

No todos los costes ambientales se registran en la contabilidad de la misma forma. Aquellos que poseen una obligación jurídica clara pueden reconocerse de inmediato en la contabilidad financiera. Un ejemplo típico son los **gastos de restauración**: al concluir la temporada, una estación de esquí está obligada a resembrar la montaña y desmontar instalaciones temporales para dejar el terreno en su estado original. Dicha obligación genera una factura emitida por el proveedor que ejecuta las tareas de restauración; el gasto se contabiliza entonces igual que cualquier otro servicio externo, en la cuenta del grupo 62 correspondiente, con su contrapartida en el pasivo (acreedor) hasta que se efectúe el pago. En estos casos, la dimensión medioambiental no provoca complejidad adicional: el registro se integra en la contabilidad general mediante el procedimiento habitual de reconocimiento de gastos. En cambio, otros impactos (emisiones de gases de efecto invernadero) carecen aún de una obligación de pago exigible y de un mercado universal que convierta el CO₂ en un pasivo cierto para la empresa. Registrarlos como deuda o gasto en el libro mayor generaría controversias fiscales y de auditoría. En estos casos resulta más prudente incorporar el coste estimado a la **contabilidad de costes interna**: se calcula, se monetiza y se utiliza como indicador de gestión para decisiones de eficiencia energética o fijación de precios, pero sin afectar de forma obligatoria a las cuentas anuales. Esta distinción garantiza rigor contable a la vez que mantiene visible el impacto climático en la toma de decisiones operativas.

En la actualidad no existe una pauta legal (ni en el PGC [16] ni en la normativa tributaria) que indique cómo debe incorporarse el coste de las emisiones de GEI (gases de efecto invernadero) a las cuentas oficiales de una pyme. Aun así, si se pretende que la información ambiental influya realmente en la gestión, el gasto monetizado no puede quedarse sólo en la contabilidad de costes o en un anexo narrativo de la Memoria: es necesario darle un reflejo, aunque sea experimental, dentro de la contabilidad financiera. Por tanto, no vamos a explicar un método prescriptivo que deba presentarse al Registro Mercantil, sino **un punto de partida** que ayude al empresario a visualizar el impacto económico de su huella y a tomar decisiones con datos completos.

El procedimiento parte de la **metodología FCA** [2], cuyo objetivo es internalizar los gastos que normalmente se externalizan al medio ambiente. Una vez terminado el cálculo del ejercicio, y **después** de haber regularizado las cuentas de ingresos y gastos para determinar el resultado en la 129, se propone registrar un asiento específico: se abona el importe en una subcuenta del grupo 6, por ejemplo, 629 000 01 (“Gasto ambiental”) y se carga la 129 “Resultado del ejercicio”. Con ese simple movimiento el beneficio se reduce y, en consecuencia, el patrimonio neto refleja inmediatamente el coste de la contaminación que la empresa genera pero que nadie le factura.

FECHA	CUENTA	CONCEPTO	DEBE	HABER
01/Enero 20xx	62900001	Coste Ambiental		XXX€
	129	Resultado del Ejercicio	XXX€	

Deben ser iguales

Ilustración 2.4. Asiento Contable | Fuente: elaboración propia

Esta fórmula presenta varias ventajas. Primero, evita crear un pasivo ficticio: no hay un tercero al que pagar, por lo que utilizar una cuenta de acreedores (400) o la 145 de provisiones incumpliría la definición de obligación presente del Marco Conceptual. Segundo, reproduce el efecto de un impuesto medioambiental que grava el resultado sin añadir complejidad al flujo de tesorería. Y tercero, concentra la visibilidad en el punto que más atención recibe de la dirección: el beneficio.

Debe subrayarse, sin embargo, que **el asiento no es hoy deducible fiscalmente**; mientras la Agencia Tributaria no reconozca la metodología ISO-14008, el importe habrá que revertirlo en la conciliación extracontable del Impuesto sobre Sociedades. Por eso el registro se plantea como una **práctica interna**, no como un ajuste que vaya a depositarse. Para que resulte defendible, la empresa debe acompañar el asiento con una nota en la Memoria donde explique la fuente de los factores (MITECO, ClimaTiq), el precio del carbono aplicado y el efecto exacto sobre la cuenta de resultados. De esta manera la empresa debe explicar por qué el resultado realmente es incompleto ya que habría que añadir este tipo de costes para obtener un resultado completo.

Como alternativa corta podría tratarse el coste ambiental como un gasto corriente con su contrapartida en un acreedor ficticio “Medio Ambiente, S.A.” y regularizarlo al cierre igual que cualquier otra factura; hoy por hoy esa vía es **inviable** porque no habría IVA, fecha de exigibilidad ni pago real. Por la misma razón se descarta llevar el importe a la 145: constituir una provisión a largo plazo oscurecería el objetivo de mostrar el impacto inmediato sobre el beneficio.

En resumen, la propuesta 629/129 no pretende sustituir a la normativa, sino ofrecer a la pyme **una herramienta de gestión**. Al ver cómo el beneficio se reduce tras registrar el coste ambiental, la dirección dispone de un indicador claro para justificar inversiones en eficiencia energética, electrificación de flotas o compra de electricidad renovable. Así, la contabilidad financiera se convierte en aliada de la ambiental sin esperar a que lo exija la ley.

2.2 Tecnologías y herramientas actuales

2.2.1 Herramientas de cálculo de impacto ambiental

2.2.1.1 Recursos para contabilidad ambiental en pymes

Para calcular correctamente el coste ambiental es necesario profundizar en que recursos, es decir, bases de datos o APIs podemos consultar para tener datos fiables y oficiales.

Para calcular los **factores de emisión** [34] es decir kg de CO2 por kWh y por combustible (gasolina, gasóleo, GLP, etc.), vamos a mencionar dos formas sencillas. La hoja de Excel anual de MITECO y ClimaTiq API [20]. ClimaTiq ofrece

1.000 llamadas mensuales gratuitas, lo que permite a una pyme realizar al menos cálculos básicos para su contabilidad ambiental.

También es importante conocer los datos de actividad eléctrica, para ello se pueden utilizar plataformas que permiten conocer el consumo real en kWh según el contrato que posee la empresa con su distribuidora eléctrica.

Una vez con los datos en la mano podemos conocer el valor en mercado del carbono gracias a EEX EUA que descubre la cotización de €/t del EU ETS con un retardo de menos de 24h.

De esta manera podemos extraer los datos de consumo, los factores horarios gracias a MITECO y el precio del carbono con EEX. De esta manera realizar el cálculo del coste ambiental será mucho más sencillo y automatizable.

2.2.1.2 Cálculo de costes: Contingent Valuation, FCA.

En este apartado se describen dos enfoques para monetizar los costes ambientales: La Valoración contingente y el Full Cost Accounting. Ambos métodos se complementan: el CV permite obtener el “precio sombra” que es aquel precio de mercado que no existe para el impacto ambiental, es decir, cuánto estaría dispuesto a pagar alguien para evitar o reparar un daño ambiental. Mientras que el FCA mide cuánto cuesta en realidad una actividad, identificando todos los costes reales incluyendo el ambiental.

El **Full Cost Accounting** [2] o contabilidad de coste total, de ahora en adelante **FCA**, es una metodología que amplía la contabilidad ya que busca identificar, medir y reportar todos los costes reales asociados a una actividad o proceso, incluyendo aquellos que no suelen aparecer en la contabilidad tradicional: costes directos e indirectos, costes ocultos o diferidos, costes ambientales y sociales (externalidades) y costes relacionados con el ciclo de vida completo del producto o servicio. Este concepto es uno de los más importantes de la contabilidad ambiental.

Este enfoque es promovido por organismos como la U.S. Environmental Protection Agency (EPA), el World Resources Institute y el World Business Council for Sustainable Development como una herramienta clave para la toma de decisiones empresariales más sostenibles y eficientes.

Algunas veces cuando identificamos todos los costes de un impacto, podemos identificar los efectos físicos que se producen, pero desconocemos como evaluar ese impacto de manera monetaria, por lo que necesitamos algún método que nos permita calcular ese precio fuera de mercado, para ello podemos estimarlo mediante encuestas. En especial existen herramientas muy potentes como la valoración contingente.

Valoración Contingente, de ahora en adelante **CV** (Contingent Valuation), es un método de valoración que se basa en realizar encuestas estructuradas que plantean un escenario hipotético y pregunta a los encuestados principalmente dos conceptos: cuánto estarían dispuestos a pagar (WTP) o aceptar (WTA) por ganar o perder un servicio ambiental.

El CV es de gran valor cuando queremos analizar el impacto ambiental de algo cuyo valor monetario no existe o si tenemos la necesidad de estimar beneficios sociales para análisis de tipo coste-beneficio. Para ello existe un procedimiento básico que pasa por una serie de puntos:

- 1) Definir claramente el servicio ambiental y el cambio.

- 2) Diseñar la encuesta (formato de pago, información al encuestado).
- 3) Seleccionar muestra estadística.
- 4) Aplicar y depurar sesgos (protesta, hipótesis).
- 5) Calcular WTP/WTA medio \rightarrow multiplicar por población = valor monetario total.
- 6) Derivar precio unitario (€/kg, €/m³).

Un ejemplo de esto podría ser la valoración monetaria que un ayuntamiento quiere obtener acerca del valor que tiene el ruido por debajo de los 55db. De esta manera suponemos que la población es de 30000 personas. Suponemos que tras realizar la encuesta se obtiene un WTP medio anual de 12€/hogar para mantener ese nivel acústico, por tanto, si en cada hogar hay unas 2,5 personas, nos dará un resultado de 144000€ (12€x30000/2,5). Lo que obtiene si suponemos que la exposición anual acústica protegida (<55db) es de $1,8 \cdot 10^9$ m²·h, nos dará como resultado $8 \cdot 10^{-5}$ €/unidad, que se usará como precio sombra cuando una empresa registre datos de ruido en su contabilidad ambiental.

2.2.2 Aplicaciones contables en España

2.2.2.1 Breve análisis de Golden .Net y Holded.

Para entender mejor el contexto contable español para pymes, vamos a analizar dos aplicaciones profesionales que van más allá de la facturación, es decir, que son aplicaciones contables muy completas y preparadas para todo tipo de pymes. Por un lado, se va a analizar una aplicación contable que lleva muchos años en el mercado y es una aplicación de escritorio es decir que el cliente es dueño de los datos y tiene los ejecutables en su ordenador y por otro lado analizaremos una aplicación en la nube, es decir, que permite consultar los datos en cualquier momento y solo es necesario una conexión a internet. Hacemos esta distinción para intentar tener un pequeño rango del actual panorama de las aplicaciones contables creadas y utilizadas en España.

Estos dos programas son de competidores directos que están tratando de hacerse con el mercado español a través de adquisiciones como la de estas empresas, por lo que también de este modo podemos analizar puntos contrarios del mercado de aplicaciones contables para pymes en España.

Holded

El programa de contabilidad surgió en Barcelona, actualmente es propiedad del grupo Visma (desde 2021). El programa pretende cubrir la gestión integral de las pymes españolas (facturación, contabilidad, proyectos, CRM, inventario, RR HH y TPV) desde un único entorno 100 % web [39].

El programa está dividido en módulos dedicados. **Facturación y Tesorería**, donde permite registrar facturas electrónicas, tiques, tiene plantillas personalizables para imprimir este tipo de facturas, incluso es capaz de generar modelos de IVA/IRPF. **CRM** y proyectos que entre otras cosas destacamos la capacidad de poder vincular tareas con tiempos y costes y poder realizar estudios de oportunidades. Obviamente también posee un módulo de **Inventario**, donde puedes controlar el stock en tiempo real y crear productos a partir de otros entre otras cosas. También tienen el control de fichaje, vacaciones, y documentos laborables, además de poder ampliar tu suscripción a un plan mejor y utilizar el módulo de **nóminas**.

FORMULARIO - HOLDED

Tipo de asiento
Gasto

Asiento predefinido
Asiento predefinido ← "Libertad" de realizar el asiento contable

Fecha
31/12/2024

Cuenta	Descripción	Documento	Debe	Haber	Tags	
629	"Otras Servicios" - Gaste Ambiental		0	XXX€	Tags	+
129	"Resultado del ejercicio" - Coste Ambiental		XXX€	0	Tags	+

Notas

Subir archivo

Guardar

Ilustración 2.5. Crear Asiento en Holded | Fuente: <https://app.holded.com/>

holded

- AC Accain
- Primeros pasos
- Inicio
- Contactos
- Ventas
 - Facturas
 - Relios
 - Albaranes
 - Facturas
- Compras
- CRM
- RRHH
- Inventario
- Proyectos
- Tesorería
- Contabilidad
 - Cuadro de cuentas
 - Libro diario
 - Activos
 - Pérdidas y ganancias
 - Balances de situación
 - Asesorías
 - Impuestos
 - Análisis
- Finanzas
- Inventario
- Contactos
- Empleados
- Nóminas

Pérdidas y ganancias

Cuenta de Resultados - PGC

Anual - 31/12/2025 - Cuentas - Añade tags para filtrar

"HOLDED"	Total
7. Otros gastos de explotación	-1.000,00
a) Servicios exteriores	-1.000,00
62200000 - Reparaciones y conservación ← Gasto	-1.000,00
Resultado de explotación	-1.000,00
Resultado financiero	0
Resultado antes de impuestos	-1.000,00
Resultado del ejercicio	-1.000,00

Se refleja en el beneficio

Ilustración 2.6. Vista General Holded | Fuente: <https://app.holded.com/>

Utilizan un modelo de negocio basado en planes de suscripción mensual que funcionan en base al número de usuarios que quiere tener el cliente y los módulos que incluye.

Su punto fuerte es la interfaz limpia, coherente y novedosa, nada más empezar a utilizar la aplicación todo es intuitivo y posee múltiples guías dentro de la aplicación para utilizarla sin problemas. Por tanto, podemos concluir que la curva de aprendizaje es suave para facturación y algo más compleja para la contabilidad avanzada o la fabricación. Al ser web, el poder consultar los datos desde cualquier sitio constantemente es lo que promueve a muchas empresas sobre todo más jóvenes y que no necesitan un programa sumamente complejo empezar con este tipo de programas de contabilidad. Además, tiene una gran

automatización contable (los asientos están estructurados y con reglas) y está sometido a constantes actualizaciones.

Pero no todo son cosas buenas, algunos usuarios en ciertos reportes hablan de que el sistema de incidencias (cuando surge un problema y se notifica dentro de la empresa) es lento en incidencias complejas. Tampoco permite una contabilidad analítica compleja, así como en el inventario donde faltan conceptos como lotes por caducidad. No tienen un soporte 24 horas.

Además, y lo más importante para este trabajo, no posee un módulo de contabilidad ambiental, ni nada que permita calcular la huella de carbono de manera integrada.

Podríamos decir entonces que este tipo de contabilidad en la nube está pensado para pymes que buscan una buena facturación, un esquema de PGC [16] estándar, que no quieren tener más de 30 usuarios y buscan una solución fácil de integrar y con una curva de aprendizaje reducida.

Golden .Net

He tenido la suerte de realizar mis prácticas en esta empresa por lo que he podido analizar el programa y su comportamiento de una manera más que superficial.

Golden Soft, fundada en 1985 y hoy parte del grupo TeamSystem, distribuye una familia de aplicaciones Windows centradas en facturación, contabilidad oficial, nóminas y gestión comercial. Su buque insignia es Contabilidad .NET orientado a asesorías y pymes españolas.

Al igual que muchas de estas soluciones contables, su ERP está estructurado en varios módulos. Como el módulo de facturación, donde podemos realizar todo el proceso de ofertas, albaranes, pedidos y facturas. También tiene un potente módulo de nóminas, un módulo de inventario muy completo, así como su tesorería. También tiene la posibilidad de terminal punto de venta (para poder desplegarlo en las máquinas de cobro táctiles).

Entre sus fortalezas destacan la plena adecuación al marco fiscal español, la posibilidad de trabajar con varias empresas en la misma instalación, la profundidad del catálogo PGC [16] y la continuidad de una interfaz Windows que resulta familiar a departamentos contables tradicionales. Asimismo, la arquitectura local favorece a organizaciones que prefieren mantener los datos en su propio servidor en lugar de un SaaS. Esto, aunque puede ser un atraso a grandes rasgos, tras analizar las necesidades de los clientes nos damos cuenta de que muchos valoran la importancia de ser dueños del dato frente a la disponibilidad en cualquier sitio. Sin embargo, también tienen un pequeño módulo sincronizado que permite visualizar datos de facturación, es decir, facturas, albaranes, clientes, inventario, etc. Desde el móvil u ordenador, ya que en este caso esta extensión sí es un programa en la nube es decir que se accede a él con la necesidad de una conexión a internet, su nombre es Preventa.

Este tipo de programa está más pensado para pymes de todo tipo, pero permite que las usen pymes más grandes ya que es una aplicación con muchos más años de desarrollo. Sin embargo, a nivel de interfaz, aunque pueda estar muy optimizada para aquellos que se pasan horas utilizándola, no es muy intuitiva y la curva de aprendizaje es mayor por lo que la integración sería más compleja y lenta.

Tal y como la competencia, tampoco posee un módulo de contabilidad ambiental, por lo que no se tendrán en cuenta este tipo de aspectos a la hora de realizar

informes. Es decir, que aquellas decisiones que se tomen no estarán basadas en el FCA [2] ya que muchos de los costes, aunque si se produzcan no estarán siendo contabilizados y por tanto tampoco serán analizados.

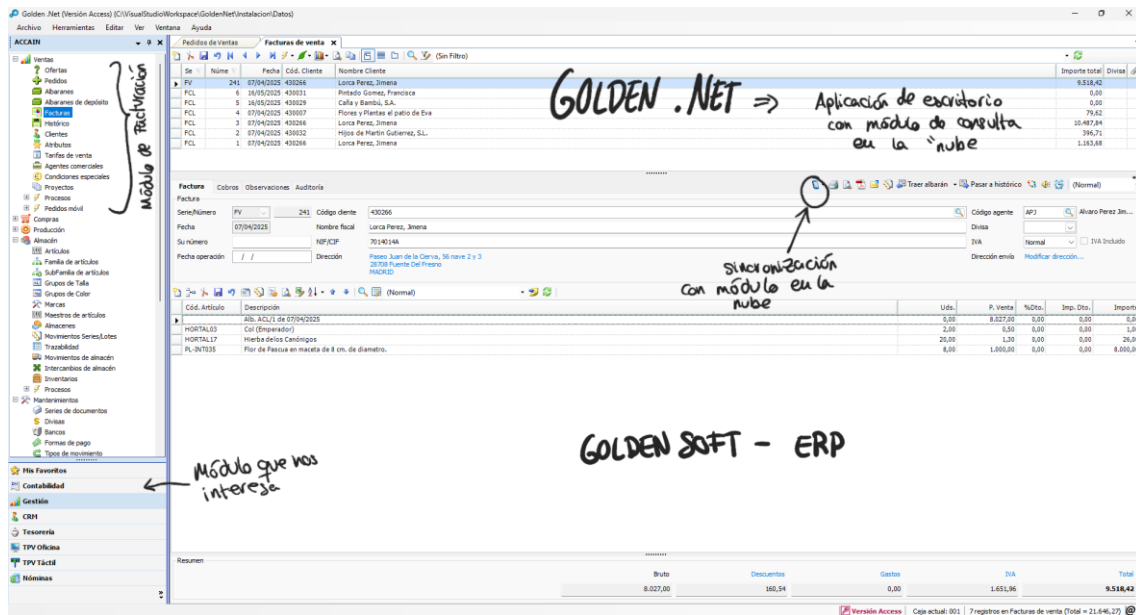


Ilustración 2.7. Vista General Golden .Net | Fuente: Aplicación Escritorio Golden .Net

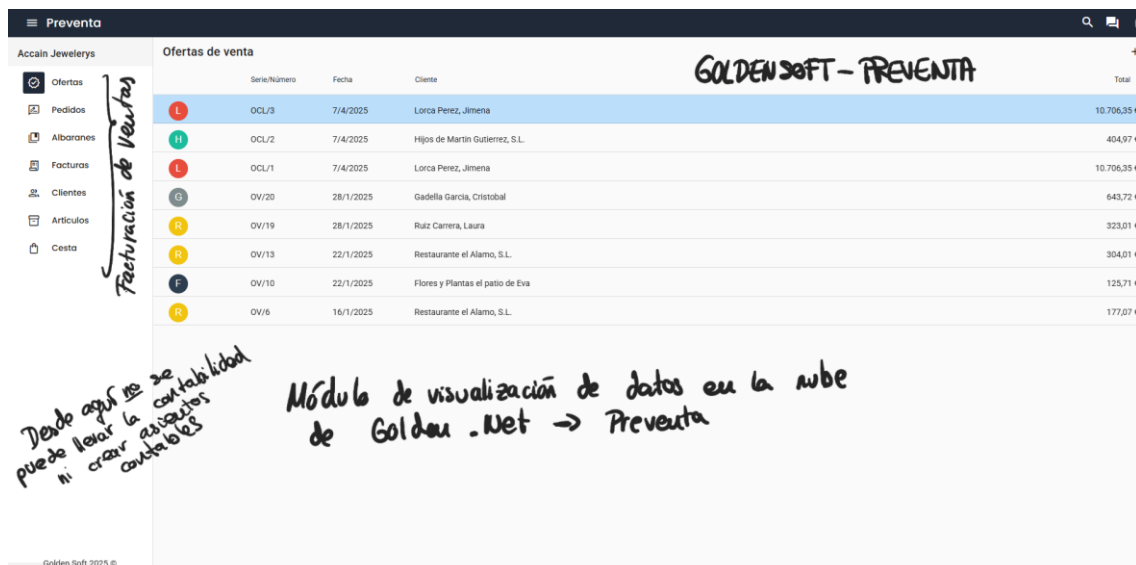


Ilustración 2.8. Preventa Golden .Net | Fuente: Aplicación Escritorio Golden .Net

2.2.2.2 ¿Tienen módulo ambiental? ¿Cómo gestionan gastos relacionados con sostenibilidad?

En la actualidad, tanto la solución de Holded como las soluciones de Golden Soft (tanto Contabilidad .NET como el resto de los programas que conforman su ecosistema ERP) no incorporan un módulo específico de contabilidad ambiental ni de reporte de sostenibilidad. El fabricante se ha especializado históricamente en cubrir con detalle el Plan General de Contabilidad español, los modelos fiscales de la Agencia Tributaria y los requisitos autonómicos (por ejemplo,

Ticket BAI en el País Vasco), pero todavía no ha extendido ese alcance a la medición de huella de carbono, la valoración monetaria de impactos ambientales según ISO 14008 [18] ni, en general, a la elaboración de Estados de Información No Financiera (EINF) o informes alineados con la futura CSRD. En consecuencia, la plataforma no dispone de pantallas, tablas ni campos dedicados a registrar toneladas de CO₂, consumos energéticos, factores de emisión o precios internos del carbono.

Ahora bien, eso no significa que la empresa usuaria esté completamente desprovista de recursos para reflejar económicamente sus iniciativas verdes o sus impactos. Golden Soft mantiene un catálogo PGC plenamente editable, de modo que el usuario puede activar y utilizar sin restricciones las cuentas del grupo 6.

Tal y como se ha explicado anteriormente el usuario puede trasladar ese importe a la contabilidad financiera mediante un asiento externo: después de la regularización de ingresos y gastos se carga una subcuenta del grupo 6 creada (p. ej. 629 000 01 «Gasto ambiental») y se abona directamente la 129 «Resultado del ejercicio». Golden Soft permite registrar el asiento en el diario, reflejándolo en la cuenta de resultados y actualizándolo el patrimonio neto, sin necesidad de pasos manuales adicionales.

El asiento puede crearse manualmente en el diario o importarse en bloque mediante los asistentes de Excel/CSV que trae la aplicación; de esa forma, aunque la valoración ($t \text{ CO}_2 \times \text{€}/t$) se calcule fuera (por ejemplo, con hojas de cálculo, un software vertical de huella o una herramienta propia), el resultado monetario sí queda registrado en los libros oficiales y se incorpora a la cuenta de resultados, como exige el enfoque de Full Cost Accounting.

En la práctica, esta estrategia “manual” implica que el responsable financiero debe llevar un sistema paralelo (Excel o software especializado) para calcular las emisiones e introducir el asiento resultante en Golden Soft con cierta frecuencia (mensual, trimestral o al cierre). Por tanto, mientras Golden Soft no publique un módulo ambiental propio, la gestión de gastos vinculados a sostenibilidad se limita a la contabilidad financiera estándar: se emplean las cuentas previstas por el PGC [16], se describen en la Memoria los criterios de cálculo y, si se desea un informe ESG, este se redacta fuera del programa y se anexa como documento complementario.

Por tanto, el problema no solo está en las pymes que no llevan una pseudo contabilidad ambiental, sino también en los proveedores de este tipo de software que ni siquiera lo contemplan, ni lo ofrecen. En parte esto se debe a que son empresas que se basan en cumplir con las regulaciones españolas en este caso (lo que busca el cliente) y no en otros factores más lúdicos o de RSC. Bajo mi punto de vista tendría que ser el mercado el que de manera autónoma ofreciese y empezase a utilizar este tipo de métodos, pero por desgracia seguramente la chispa que encienda esta metodología llegará mediante una regulación y terminará por sentirse algo negativo, cuando debería ser el propio mercado el que se diera cuenta de la situación y quisiera revertirla. Ya que no se debería ver como una imposición o impuesto, sino más bien como una ventaja competitiva y una manera de tomar mejores decisiones respetando el entorno en el que realizan su explotación.

2.2.3 Diagnóstico breve de una pyme española.

La entidad analizada es una pequeña empresa del sector servicios constituida como sociedad limitada, con una plantilla fija de diez trabajadores y una cifra de negocios ligeramente superior a 500 000 € (ejercicio 2023). Su contabilidad financiera se lleva de forma ortodoxa mediante un ERP Cloud (Holded), cumpliendo sin demora las obligaciones fiscales periódicas (modelos 303, 200, resúmenes anuales) y aplicando íntegramente el Plan General de Contabilidad. Los estados financieros auditados reflejan márgenes operativos positivos, liquidez suficiente para atender pagos corrientes y un nivel de endeudamiento compatible con la gama de riesgo habitual en pymes. En términos estrictamente financieros, la sociedad presenta una situación saneada y dispone de capacidad de inversión moderada.

A pesar de la correcta gestión contable, la empresa carece de mediciones sistemáticas de su impacto ambiental. Los consumos energéticos —electricidad de oficina-almacén, gasóleo de flota comercial y agua de red— se registran en subcuentas genéricas (fundamentalmente 628), sin desglose en unidades físicas que permitan calcular emisiones. No se conservan series históricas de kWh, litros o metros cúbicos más allá de la comprobación puntual del gasto monetario.

Con el fin de evaluar la magnitud potencial de esta carencia, el departamento administrativo realizó una conversión puntual de los consumos facturados durante 2023 utilizando los factores de emisión publicados por el MITECO [34]. El resultado asciende a **23 t CO₂e anuales**; la monetización de dicha cantidad al precio medio del EU-ETS 2024 (≈ 85 €/t) arroja un **coste ambiental aproximado de 2 000 €**, importe que no figura ni en la contabilidad de costes ni en la Memoria del PGC [16]. En consecuencia, el beneficio contable declarado (y las decisiones que de él se derivan) no reflejan una parte relevante del coste real de la actividad. Realizamos parte del análisis DAFO para explicar el problema al que se exponen.

Podemos observar una serie de amenazas identificadas: A nivel comercial los proveedores y clientes internacionales exigen datos de huella de carbono para ciertas homologaciones, lo que produce pérdidas de contratos estratégicos y posibles ingresos recurrentes. A nivel financiero se produce el riesgo de no poder acceder a ciertos préstamos verdes o ayudas públicas lo que supone un coste de capital superior o la exclusión de programas de subvención. A nivel regulatorio en un futuro le afectará la transposición de la CSRD o PLIES lo que le llevará a un incremento abrupto de requerimientos documentales y una adaptación costosa que se podría ahorrar. Por último, a nivel operativo se enfrenta a la falta de métricas internas que permitan tomar decisiones de eficiencia energética o de combustibles lo que puede llevar a un sobrecoste sostenido y por tanto una pérdida de competitividad en precio.

Sin embargo, siempre existen oportunidades de mejora tales como: Crear un inventario simplificado: Calcular huella corporativa centrada en Alcances 1 y 2 mediante la herramienta de MITECO (Calculadora de Huella de Carbono) y precio medio de carbono actualizado. Realizar una internalización contable: Registrar el coste resultante en una subcuenta específica del grupo 62/629 con contrapartida en la 129, a efectos de visibilizar su impacto en la rentabilidad. Además de tener este coste en cuenta en la contabilidad de costes de manera que se reduzca el margen de cada producto o servicio y obligando a tener que tomar decisiones estratégicas. Crear un plan de eficiencia progresiva: Negociar suministro eléctrico 100 % renovable, programar renovación gradual de vehículos y optimizar rutas para reducir consumo de gasóleo. Y por último tener una preparación documental, donde se elaborare un informe voluntario ESRS-

VSME con los KPI mínimos y anexarlo a la Memoria del ejercicio, adelantándose a exigencias regulatorias y de mercado.

La empresa exhibe una posición financiera sólida y procesos contables bien establecidos, pero carece de información ambiental crítica que (en el actual contexto normativo y competitivo) se está convirtiendo en parte esencial del desempeño empresarial. La incorporación de la contabilidad ambiental, aún de forma interna y experimental, permitiría:

- **Completar la imagen fiel** de su situación económica incorporando un coste hoy invisible.
- **Mejorar la toma de decisiones** sobre inversiones energéticas, políticas de compras y fijación de precios.
- **Anticipar obligaciones futuras** derivadas de la CSRD y reforzar la relación con clientes y entidades financieras sensibles a criterios ESG.

En resumen, la pyme evaluada no presenta problemas financieros inmediatos, pero sí una brecha de información que, de mantenerse, podría traducirse a medio plazo en pérdida de competitividad, mayores costes de financiación y un riesgo reputacional creciente. Integrar la contabilidad ambiental se perfila, por tanto, como una medida estratégica que transforma una posible amenaza en ventaja competitiva y refuerza la sostenibilidad económica y ambiental de la organización.

2.3 Propuesta de solución tecnológica. Ecost

2.3.1 Objetivo del módulo

El módulo pretende dotar a cualquier pyme española de una herramienta sencilla, gratuita y autocontenida que le permita introducir en un único formulario sus consumos anuales de electricidad (kWh), combustibles (kg / L de gasóleo, gas natural, gasolina, etc.) y agua (m³) y obtenga el cálculo de su huella de carbono equivalente y su coste ambiental. Todo ello siguiendo una metodología profesional y con datos oficiales.

La aplicación se encargará de convertir automáticamente esos consumos introducidos en emisiones GEI (t CO₂e) utilizando factores de emisión oficiales precargados (tabla MITECO 2024 y ClimaTiq API). Una vez realizado el cálculo y aplicando el precio de referencia del carbono seleccionado por el usuario (precio EU ETS vigente, coste social del carbono o valor manual), se obtiene el coste ambiental (€) asociado al ejercicio.

Por último, la aplicación generará inmediatamente la documentación necesaria para internalizar dicho coste en la contabilidad de costes y financiera. De manera que emitirá un documento CSV con el asiento sugerido y un Informe PDF autodescriptivo (metodología, fórmula y resultado) que el empresario pueda adjuntar a la Memoria del PGC o al informe de sostenibilidad que desee.

Ecost es el nombre elegido para el módulo desarrollado en el marco de este Trabajo Fin de Grado. El término condensa en una sola palabra la finalidad del proyecto: cuantificar, monetizar e internalizar el coste ambiental derivado de la actividad de una pyme, de modo que dicho coste forme parte de los procesos ordinarios de contabilidad y de toma de decisiones.

En su estado actual, Ecost se presenta como un **MVP** (Minimum Viable Product). Esto significa que la aplicación incorpora únicamente las funciones

imprescindibles para demostrar la viabilidad técnica y la utilidad práctica del concepto.

Gracias a su salida de datos estándar (formatos CSV y PDF) podemos decir que el módulo es neutro tecnológicamente hablando ya que es fácil de utilizar en complemento de un software de ERP como puede ser Contasol, Golden .Net o Holded, entre otros.

En resumen, Ecost no es todavía un producto comercial cerrado, sino una plataforma de validación que demuestra cómo la contabilidad ambiental puede integrarse, con un pequeño esfuerzo, en la operativa contable diaria de una pyme.

2.3.1.1 Qué pretende resolver.

El sistema propuesto ofrece a la pyme una puerta de entrada sencilla y de coste cero a la contabilidad ambiental, alineada con el enfoque Full Cost Accounting [2] y preparada para los futuros requerimientos de la CSRD (PLIES en España).

Ecost aborda una carencia recurrente en la gestión de las pymes españolas. La ausencia de un mecanismo sencillo, verificable y contable para **identificar, valorar e internalizar el coste ambiental** de su actividad. Aunque la mayoría de las empresas controlan sus gastos energéticos en términos monetarios, casi nunca traducen esos consumos a emisiones de gases de efecto invernadero ni, mucho menos, monetizan dichas emisiones para reflejarlas en la cuenta de resultados. Esta disociación provoca tres problemas:

Decisiones incompletas: la rentabilidad de inversiones en eficiencia (por ejemplo, electrificación de flota o compra de energía renovable) se evalúa sin considerar el coste real del CO₂, lo que retrasa proyectos que, descontado ese impacto, resultarían claramente rentables.

Riesgo competitivo y regulatorio: clientes B2B, bancos y la futura trasposición de la CSRD exigen indicadores de huella. No disponer de ellos amenaza contratos y acceso a financiación.

Falta de trazabilidad: cuando una pyme intenta calcular emisiones lo hace con hojas de cálculo heterogéneas, sin versiones de factores ni metodología auditables, dificultando la validez de la información.

De esta manera podemos decir que la aplicación ataca tres barreras a la vez. El ingreso de datos de contabilidad ambiental en un único sitio, el cálculo automático de esta y datos de cálculo oficiales.

2.3.1.2 Usuarios objetivo (pymes españolas).

El módulo está concebido para micro, pequeñas y medianas empresas españolas (pymes) que tienen una madurez digital, es decir, que poseen un ERP o software contable estándar (A3, Sage, Golden .Net, Holded, etc.) y facturación electrónica básica. Este tipo de empresas deben tener la motivación de reducir costes energéticos, anticiparse a exigencias de clientes o entes públicos y querer ganar reputación de manera que les permita, entre otras cosas, acceder a financiación verde. Además, por supuesto, de intentar ayudar al medioambiente y tener un nivel de concienciación más alto que les permita tomar mejores decisiones estratégicas.

Los roles clave dentro de este tipo de empresas serán: El **gerente** o dirección que de un vistazo al “coste oculto” ambiental se plantea tomar decisiones

distintas. El **responsable financiero**, que pueda tener o no en cuenta el registro de estos costes para seguir el FCA [2]. El responsable de mantenimiento o energía que podrá saber que consumos generan más CO₂ y priorizar acciones de eficiencia ya que en parte será uno de los responsables de la recogida de datos. Y el más importante, la **Asesoría externa** (en caso de subcontratación contable), es muy importante que las asesorías lo tengan en cuenta y se lo presenten a sus clientes al menos como valor informativo y sin sobrecoste.

El tipo de empresa que se busca que utilice la aplicación son: Las pymes del **sector servicios** (oficinas, TIC, hostelería) que son las más abundantes, son primordiales ya que el 90% de su huella proviene de electricidad y agua, es decir, lo que la aplicación pretende cubrir. Los fabricantes con consumo térmico moderado, como podría ser una panadería. Y empresas que optan a financiación verde.

A este público objetivo se le va a aportar una base de una aplicación con coste nulo de licencia y puesta en marcha rápida y sencilla, además que estarán cumpliendo de forma voluntaria con el ISO 14008 y el principio “quien contamina paga”, también un puente con la contabilidad financiera, algo que apenas se ofrece en el mercado para pymes, lo que facilitará auditorías, subvenciones y certificaciones.

En resumen, los **usuarios objetivo** son aquellas pymes que no pueden permitirse plataformas complejas, pero sí desean conocer y contabilizar su impacto ambiental de forma rápida, fiable y alineada con los estándares futuros.

2.3.2 Diseño y Arquitectura

2.3.2.1 Requisitos funcionales y no funcionales

Para entender correctamente la arquitectura y funcionamiento de la aplicación lo primero es distinguir entre sus requisitos funcionales y no funcionales, es decir, que se espera que haga y como, además de que espera el usuario de la dicha aplicación.

Requisitos Funcionales (RF):

- RF-01 Captura Única. La aplicación debe ser útil y fácil de usar por lo que constará de un único formulario de entrada de datos donde el usuario introducirá tres datos de consumo: electricidad, agua y combustibles.
- RF-02 Validación inmediata. Cada campo será capaz de validar el dato de entrada, de tal manera que serán datos numéricos dentro del rango permitido y será intuitivo ya que para avanzar será necesario tenerlos perfectamente validados.
- RF-03 Conversión a tCO₂e. Al pulsar en el botón de *calcular* la aplicación web realizará el cálculo teniendo en cuenta datos oficiales y mostrará el total en toneladas de CO₂ equivalente.
- RF-04 Monetización del impacto. El usuario escogerá un precio de carbono (EU ETS por defecto o valor manual). Tras esto la aplicación web calculará el coste ambiental.
- RF-05 Visualización de resultados. Se mostrará un dashboard con varias tarjetas y una gráfica comparando los anteriores resultados que se guardarán en un principio en una imagen en Docker de MongoDB.

- RF-06 Registro y acceso. La aplicación tendrá un inicio de sesión y un registro, las credenciales se guardarán hasheadas (bcrypt).
- RF-07 Histórico. Cada cálculo se guarda en la base de datos guardando fecha, tCO₂ y coste ambiental.
- RF-08 Exportación Contable. Desde la vista de resultados se podrá generar un CSV con el asiento contable y un PDF metodológico que se podrá descargar localmente.
- RF-09 Cierre de Sesión. El usuario podrá cerrar sesión y crear múltiples cuentas.

Requisitos No Funcionales (RNF):

- RNF-01 Arquitectura. Se realizará el Frontend con Angular y el Backend con Node, Express y Mongoose. Y la base de datos será MongoDB alojada con una imagen oficial en Docker.
- RNF-02. Despliegue. El despliegue deberá ser sencillo a nivel desarrollo y quedará explicado en archivos README.
- RNF-03 Seguridad. Las contraseñas se guardarán de manera cifrada, aunque para la propuesta que se va a realizar (desarrollo) no es del todo importante ya que no será desplegada.
- RNF-04 Mantenibilidad. Será un código elegante y entendible de además de ser compartido estará abierto a múltiples propuestas (ramas) de desarrollo futuras. Se usará Prettier (herramienta para visualización de código) y se detallarán comentarios relevantes para el entendimiento de este.
- RNF-05 Escalabilidad. La aplicación debe ser fácilmente escalable al Alcance 3 por lo que será fácil añadir nuevas colecciones.
- RNF-06 Rendimiento. Aunque no es una aplicación que necesite realmente unas respuestas inmediatas se tratará de optimizar lo posible para tener una aplicación ágil e intuitiva.

2.3.2.2 Diseño de pantallas y flujo de datos

Para desarrollar la aplicación se ha escogido una estética sencilla y moderna con una paleta de colores verdes para resaltar acciones como, por ejemplo, los botones. Y colores blancos y grises para el fondo y el resto de los componentes, permitiendo un contraste con la letra en negro. El objetivo del diseño es dar importancia a las acciones y al dato.

El flujo de datos del módulo comienza en la **pantalla de inicio de sesión**, donde el usuario introduce su correo y contraseña. Estas credenciales se envían al backend, donde la contraseña se compara con el hash almacenado (bcrypt). Si el servidor confirma que la combinación es correcta, el proceso avanza; de lo contrario, la aplicación muestra un mensaje de error y devuelve al usuario al mismo punto de autenticación, de manera que el ciclo “introducir → verificar → reintentar” se repite hasta que los datos son válidos.

Iniciar sesión

Ingresa tus credenciales para acceder

Email

Contraseña

Iniciar sesión

¿No tienes una cuenta? [Registrarse](#)

Ilustración 2.9. Login Ecost | Fuente: Elaboración Propia

Si por el contrario el usuario no tuviera una cuenta también está la opción de **registrarte**, es decir, estaríamos ante otra pantalla que al igual que el inicio de sesión comprobará que no exista un usuario con el mismo correo electrónico y en caso de no ser así, permitirá el registro y avanzará hacia la siguiente pantalla.

Crear una cuenta

Ingresa tus datos para registrarte

Nombre

Email

Contraseña

Confirmar Contraseña

Registrarse

¿Ya tienes una cuenta? [Iniciar sesión](#)

Ilustración 2.10. Register Ecost | Fuente: Elaboración Propia

Una vez superado el login o el registro, la aplicación presenta un **dashboard** con ciertos datos de anteriores cálculos y ciertos datos relevantes para el usuario. Este dashboard tiene un menú de navegación donde el usuario puede escoger entre las tres pantallas principales: La calculadora ambiental, el histórico y el

propio dashboard. También tiene el logotipo del usuario que informa de quien ha iniciado sesión y al hacer clic permite la opción de cerrar sesión.

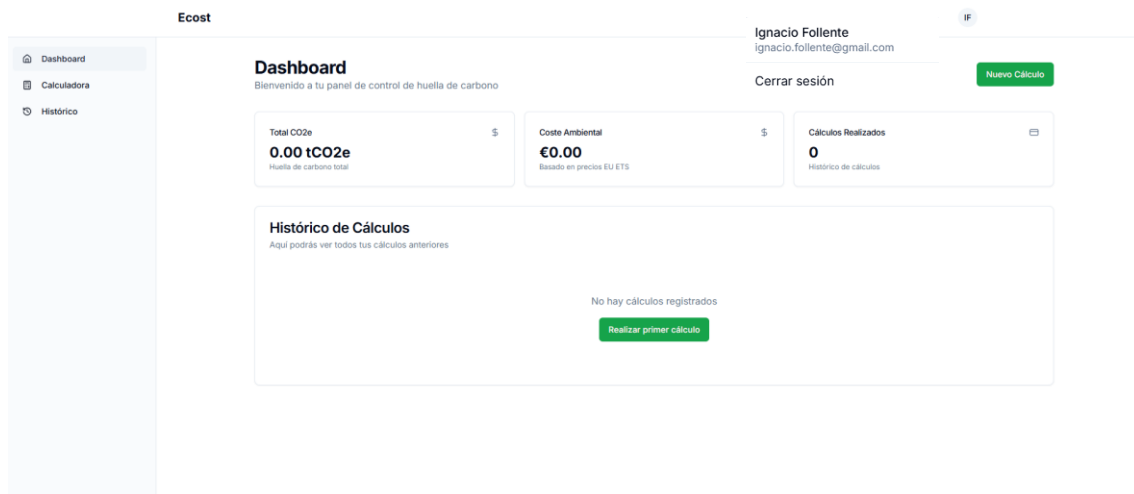


Ilustración 2.11. Dashboard Ecost | Fuente: Elaboración Propia

La pantalla de la calculadora posee un **único formulario de consumos**. El responsable de la pyme introduce, para el periodo que desea analizar, las cifras de electricidad (kWh), agua (m³) y combustibles (litros o kWh). El formulario está construido con Reactive Forms, de modo que valida en tiempo real rangos numéricos, campos obligatorios y el formato de fechas. Si falta algún dato o existe un valor fuera de rango, la propia lógica del frontend impide avanzar y solicita la corrección antes de continuar.

Calculadora de Huella de Carbono

The image shows a form titled 'Calculadora de Huella de Carbono' with two tabs: 'Entrada de Datos' and 'Resultados'. Under 'Entrada de Datos', there's a section 'Datos de Consumo' with the instruction 'Introduce tus datos de consumo para calcular tu huella de carbono'. It contains four input fields: 'Consumo de Electricidad (kWh)' with value '0', 'Consumo de Agua (m³)' with value '0', 'Consumo de Combustible (litros)' with value '0', and 'Precio de Carbono (€/tCO2e)' with value '85'. A note below the last field says 'Valor por defecto: 85€/tCO2e (EU ETS)'. A green 'Calcular' button is at the bottom left.

Ilustración 2.12. Calculadora Ecost | Fuente: Elaboración Propia

Al pulsar *Calcular*, los consumos validados se remiten al backend mediante una llamada POST. En el servidor, primero se recuperan los datos importantes: los factores de emisión oficiales y el precio vigente del carbono (cotización EU ETS o el valor que el administrador haya fijado). Con esa información el frontend ejecuta el cálculo: multiplica cada valor energético por su factor para obtener las toneladas de CO₂ equivalente y, acto seguido, convierte ese resultado en un

coste monetario aplicando el precio del carbono. El registro se inserta en MongoDB [37], constituyendo el histórico que servirá para comparativas futuras.

El servidor devuelve al navegador un JSON con el total de emisiones y el coste. Angular actualiza entonces un panel de resultados que muestra tres tarjetas (consumo, t CO₂, €) y un gráfico con la evolución de periodos anteriores alimentado por los datos que se obtienen vía GET. Desde esta misma vista el usuario dispone de dos acciones clave:

1. **Exportar CSV**, que genera el asiento contable estándar para importarlo en el ERP;
2. **Generar PDF**, un informe autodescriptivo con la metodología empleada, los factores aplicados y los resultados que puede adjuntar a la memoria o a un dossier de sostenibilidad.

Por último, la pantalla de “Histórico” recupera los datos de anteriores cálculos del backend y muestra una tabla con los datos básicos de estos anteriores cálculos.

Histórico de Cálculos







Todos los cálculos			
Historial completo de tus cálculos de huella de carbono			
Fecha	Total CO ₂ e	Coste Ambiental	Acciones
2023-05-15	1.234 tCO ₂ e	€104.89	 
2023-06-20	0.987 tCO ₂ e	€83.90	 
2023-07-10	1.567 tCO ₂ e	€133.20	 

Ilustración 2.13. Histórico Ecost | Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, el flujo concluye y el usuario puede cerrar sesión o repetir el proceso para un nuevo periodo. De esta manera, la aplicación cubre los nueve requisitos funcionales definidos: captura sencilla de datos, validación interactiva, cálculo y monetización automáticos, registro histórico en base de datos, salida contable e informe documental, todo ello con un backend mínimo y un frontend intuitivo.

A continuación, se provee de un diagrama con el flujo básico que permite entenderlo de manera más intuitiva, sencilla y visual. El código realizado para mostrar este flujo se encuentra adjunto en el Anexo.

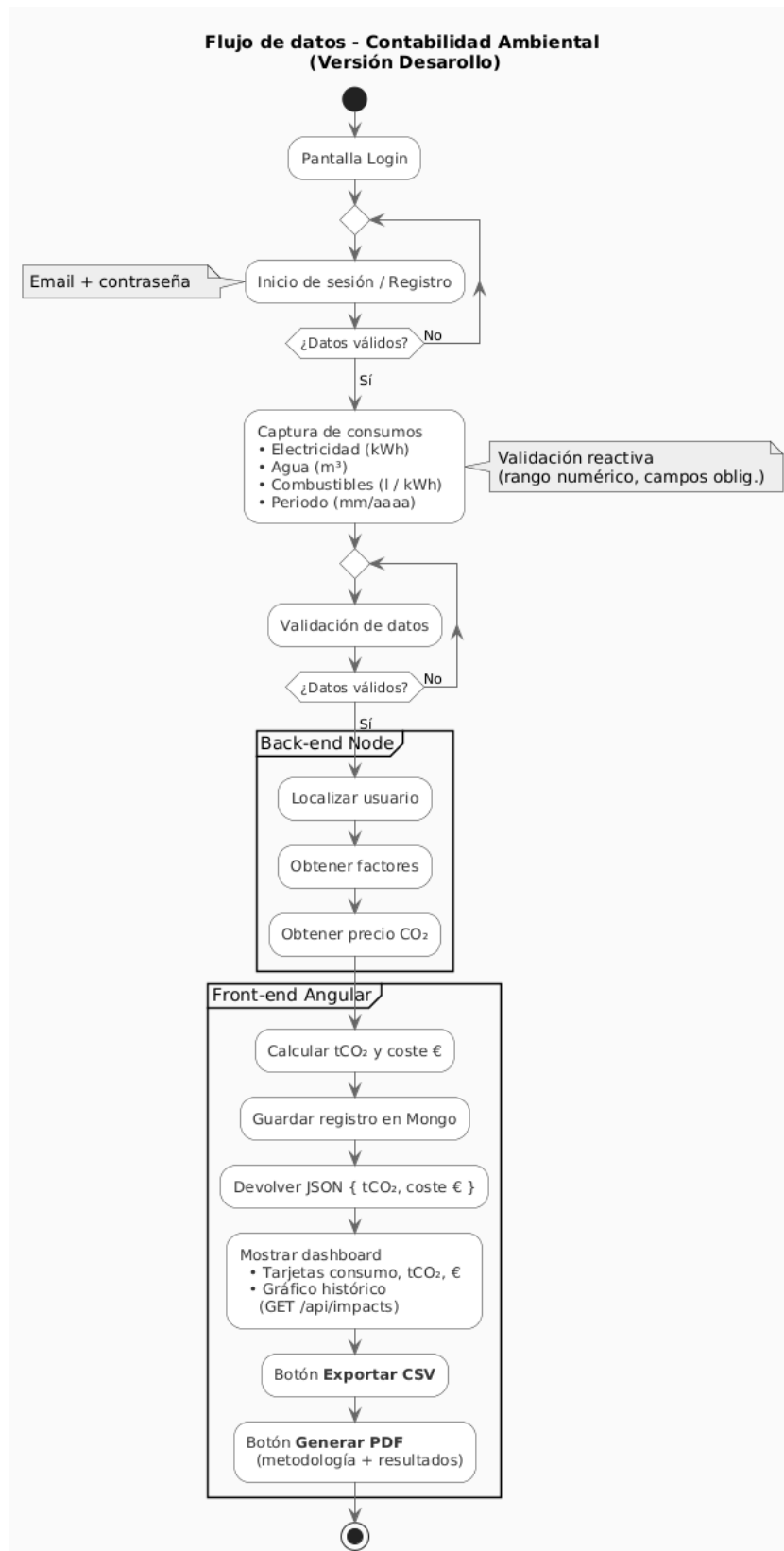


Ilustración 2.14. Flujo de Datos Ecost | Fuente: Elaboración Propia

2.3.2.3 Diseño de la arquitectura

Para estructurar Ecost y que sea escalable se siguen una serie de patrones o buenas prácticas y estándares para poder seguir en el tiempo. Es importante entenderlo para poder conocer su estructura y ampliar la aplicación siguiendo el mismo estándar.

El proyecto se organiza como un **único repositorio** con dos raíces al mismo nivel (frontend y backend) de modo que cada dominio tecnológico mantiene su propio `package.json`, sus dependencias y sus reglas de despliegue, pero ambos comparten un único control de versiones mediante Git.

En lugar de agrupar todos los componentes, servicios o rutas en directorios genéricos (una práctica habitual en proyectos pequeños) se ha optado por una separación por dominios funcionales. Esto significa que cada bloque lógico de la aplicación, como la autenticación o el área de principal de trabajo del usuario (dashboard), tiene su propio espacio donde conviven todos los elementos relacionados: componentes, interfaces, servicios, módulos y rutas. Esta decisión mejora la cohesión interna de cada módulo, reduce el acoplamiento entre partes y favorece el mantenimiento a medida que el proyecto crece.

El frontend, construido con **Angular** [25], está dividido en varios directorios. El directorio `node_modules`, almacena las dependencias de Angular. Tenemos dos directorios de este tipo (uno en el frontend y otro en el backend) con el objetivo de aislar las dependencias del frontend por un lado y las del backend por otro. Estas dependencias se gestionan mediante el archivo de configuración `package.json`. Dentro del directorio `src` encontramos la lógica del proyecto. En este directorio tenemos otro subdirectorio llamado `app`, que contiene el dominio principal del proyecto, el dashboard, donde podremos encontrar todos los componentes esenciales de la aplicación, excepto, el dominio de autenticación que lo separamos aparte. Tanto dentro del dashboard, como del dominio de autenticación, encontramos una estructura similar y que deberemos seguir siempre que se cree un nuevo dominio. Los dominios se separan en los siguientes directorios: *guards* (archivos `.ts` que contienen la lógica que protege las rutas), *interfaces* (describe objetos del módulo), *pages* (los componentes visuales) y *services* (los componentes responsables de hacer llamadas a las correspondientes APIs). También disponemos de directorios como *assets* (recursos estáticos, como logos o imágenes) o *environmenst* (contiene datos como la URL del backend o claves de APIs). El resto de los archivos son o bien archivos de configuración o de enrutamiento, es decir, los archivos que definen la estructura base y la forma en la que se navega por la página de manera que Angular es capaz de cargar de manera perezosa únicamente los módulo o componentes que se están visualizando y no todo a la vez, esto permite mayor eficiencia y menor carga de trabajo.

Relacionado con esto es importante entender el siguiente concepto a la hora de programar este tipo de proyectos. El flujo de datos y donde se almacena la lógica es muy importante. Normalmente se busca tener un componente padre que posee uno o varios hijos (componentes vista), esto busca que el padre sea el encargado de realizar toda la lógica y de ir mostrando los datos en según qué hijo, de manera que los hijos únicamente se encargan de mostrar los datos y la escasa lógica que ello acompaña. La comunicación de datos se realiza mediante *inputs* y *outputs* de manera que es el padre el que introduce los datos como *inputs* y es el hijo el que a veces devuelve *outputs*. Supongamos que tenemos un componente que es el dashboard de nuestra aplicación donde mostramos cierta

información como el nombre del usuario o datos históricos o incluso recomendaciones, pues bien, imaginemos que cada bloque de información es un componente distinto (componentes hijos) y el padre es el dashboard. Entonces es el padre el que según la información que tenga decidirá que componentes mostrar.



Ilustración 2.15. Esquema Padre-Hijo Angular | Fuente: Elaboración Propia

Otro buen ejemplo, es que, si uno de los hijos tuviera un botón no será él el que ejecute la acción correspondiente, sino que mandará un aviso al padre (en forma de evento) que será el encargado de ejecutar la lógica correspondiente para satisfacer la acción requerida. Al seguir este tipo de estructura para la cual están pensados frameworks como Angular, la aplicación es capaz de escalar, ya que en todo momento sabremos que componentes contienen la lógica y cuales muestran la información.

Otro principio clave que se ha respetado es la estructura de tres archivos por componente en el frontend de Angular: `.component.ts`, `.html` y `.css`. Esta división no es arbitraria; responde al patrón de separación de responsabilidades que facilita el trabajo colaborativo (por ejemplo, un desarrollador puede ajustar el estilo sin interferir en la lógica del componente), y además permite aislar más fácilmente las pruebas unitarias, ya que la lógica se encuentra desacoplada del marcado y del aspecto visual.

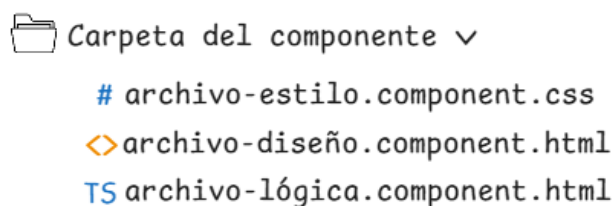


Ilustración 2.16. Triada de Angular | Fuente: Elaboración Propia

La elección de **Angular** [25] como base del frontend ofrece, en un mismo marco, todo lo necesario para levantar rápidamente una aplicación de uso interno, pero con calidad de producción: sistema de componentes declarativos, inyección de dependencias, enrutado y validación de formularios reactivos. Al tratarse de un MVP que combina un único formulario de entrada, un panel de resultados y exportaciones en tiempo real, Angular permite ensamblar estas piezas sin recurrir a librerías dispersas, manteniendo la coherencia de tipado con TypeScript extremo a extremo. Además, su soporte nativo de *lazy-loading* y la disponibilidad de herramientas como PrimeNG [27] garantizan buen rendimiento y accesibilidad con un mínimo de código adicional, lo que acelera la iteración y facilita que el prototipo evolucione a producto estable sin reescrituras.

El backend, construido con **Nest** [26], al igual que el frontend tiene sus propios archivos de configuración tales como los que configuran Docker o cargan las dependencias necesarias. También tenemos normalmente una carpeta por estructura de datos, es decir, que cada “tabla” de la base de datos tiene su propio módulo el cuál se divide principalmente en la triada típica de Nest: el *controller* (direccionamiento de las peticiones), el *service* (el que tiene la lógica y las ejecuta las queries a la base de datos) y el *module* (estructura, importaciones, exportaciones, etc.). Por otro lado, en este caso al trabajar con **MongoDB** [37], como modelo de base de datos, utilizamos: archivos *DTO* (Data Transfer Object), que son las clases encargadas de validar las entradas de datos al backend antes de mandarlas a la base de datos. Archivos *entity*, que definen las “tablas” para la base de datos (gracias a Mongoose) y por último los ficheros de *interfaces*, que son los encargados de crear las estructuras de los datos que se devuelven al frontend.

Para la capa de servidor se ha optado por **NestJS** [26] con **MongoDB** porque combinan velocidad de desarrollo y solidez arquitectónica. NestJS aporta una estructura modular que replica los patrones de Angular en el backend, facilita la inyección de dependencias y expone de forma limpia la API REST necesaria para la aplicación. Al mismo tiempo, su soporte nativo para Mongoose permite mapear colecciones de manera tipada, manteniendo coherencia con el modelo de datos del frontend. MongoDB, por su parte, se ajusta de forma natural a la naturaleza semiestructurada del dominio (usuarios, factores y registros de impacto): los documentos JSON almacenan insumos y resultados sin la rigidez de un esquema SQL y con gran velocidad de inserción, aspecto clave cuando el sistema registra múltiples cálculos históricos. Además, empaquetar MongoDB en un contenedor Docker oficial [38] simplifica el despliegue y garantiza que cualquier otro programador pueda recrear el entorno de desarrollo con un solo comando.

En resumen, la arquitectura del proyecto no sólo responde a las necesidades funcionales del cálculo de coste ambiental, sino que también demuestra una adopción clara de buenas prácticas profesionales. Ecost se presenta como un sistema estructurado, modular, escalable y fácilmente desplegable, alineado tanto con los objetivos del TFG como con los estándares actuales del desarrollo web moderno.

En la siguiente imagen se puede apreciar de una manera más visual la estructura del proyecto, y aunque no están todos los directorios y ficheros disponible, se ha desplegado la estructura del dominio de autenticación tanto en el frontend como en el backend, para entender cómo funciona la estructura y lo fácil de replicar y escalar que es.



Ilustración 2.17. Esquema Arquitectura Ecost | Fuente: Elaboración Propia

2.3.2.4 Base de datos: estructura de tablas y “relaciones”.

La base de datos de Ecost se basa en **MongoDB** gestionado con **Mongoose** y orquestado, en este MVP, mediante un contenedor **Docker** oficial. Mongoose aporta validación y tipado estático en TypeScript, manteniendo la coherencia con las interfaces del frontend. El uso de Docker garantiza que la base pueda levantarse localmente con un simple comando (“docker compose up”), eliminando dependencias del sistema operativo anfitrión. Si el proyecto evoluciona a producción, esta misma configuración permite migrar la base a servicios gestionados (MongoDB Atlas, AWS DocumentDB, Azure Cosmos DB) sin modificar una sola línea de código de la aplicación. De este modo, la solución combina portabilidad inmediata y escalabilidad futura.

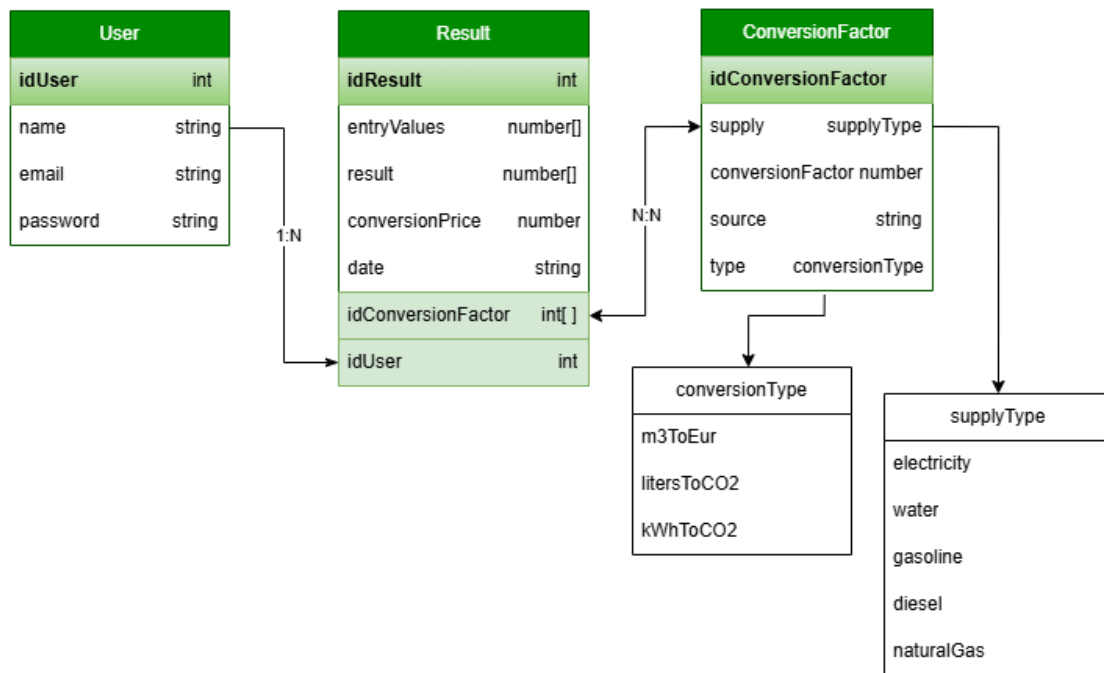


Ilustración 2.18. Esquema ER Ecost | Fuente: Elaboración Propia

La base de datos de **Ecost** se apoya en un modelo simple tal y como se aprecia en el diagrama. En primer lugar, se encuentra la colección **Users**, que almacena únicamente la información imprescindible para la autenticación: nombre, correo electrónico y hash de la contraseña. Cualquier metadato adicional (nombre comercial, CIF o dirección) puede añadirse en un futuro como campos opcionales, pero no resulta necesario para el objetivo del módulo.

La segunda colección es **Results**, un pequeño catálogo donde se registran los datos introducidos por el usuario, el resultado del cálculo, el valor de conversión para pasar de CO2e a euros, la fecha del cálculo, los factores de conversión utilizados y el usuario que realizó el cálculo. Estos campos bastan para dotar de trazabilidad a cualquier cálculo: el auditor que reciba un informe podrá reconstruir la operación sabiendo exactamente qué versión y qué metodología se aplicó.

Por último, está la colección es **Conversion Factors**, que nos permite entender que factor de conversión estamos utilizando, a que tipo de suministro está asociado, la fuente de la que proviene (MITECO o ClimaTiqAPI) y por último el tipo de conversión, es decir, de que unidades a que unidades convierte.

La pieza central del histórico es la colección results. Cada documento representa una ejecución completa del cálculo: recoge los consumos introducidos por el usuario (electricidad, agua y combustible), la fecha o periodo al que se refieren, la lista de factores concretos empleados (guardada como un array de referencias a conversionFactors), el precio del carbono aplicado ese día y, finalmente, el resultado en toneladas de CO₂ y en euros. De esta forma, cada registro contiene una “fotografía”: aunque los factores oficiales cambien al año siguiente, los resultados históricos conservan los valores originales, cumpliendo el principio de inmutabilidad que exigen los sistemas de información no financiera.

Las relaciones entre estas colecciones son muy sencillas. Un usuario puede generar muchos impactos (relación 1:N users → results). Por su parte, un result puede tener varios factores de conversión, normalmente uno por suministro recogido (electricidad y combustible, por ejemplo) y un mismo factor será útil en muchos resultados, lo que se representa como una relación N:N resuelta, en MongoDB, mediante un array de ObjectId sin tabla intermedia. Esta estructura ligera evita joins costosos, mantiene los documentos compactos y permite consultas típicas como “dame todos los resultados del usuario X en 2024” o “calcula la huella total de electricidad del año pasado” mediante simples agregaciones indexadas.

En conjunto, el modelo logra un equilibrio entre simplicidad y trazabilidad: tres colecciones fácilmente gestionables, índices ligeros y toda la información necesaria para cumplir los requisitos académicos y contables del proyecto sin añadir complejidad innecesaria a la base de datos.

2.3.3 Tecnologías, desarrollo y buenas prácticas

2.3.3.1 Lenguajes, frameworks y librerías utilizadas.

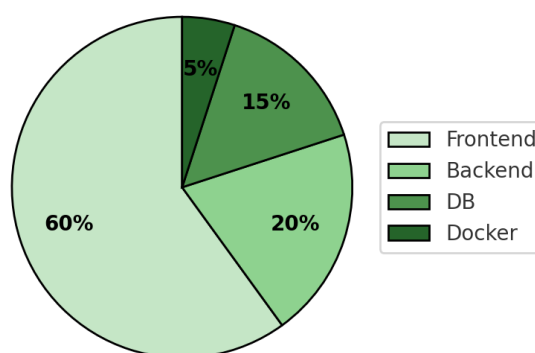


Ilustración 2.19. Diagrama Tarta Frameworks | Fuente: Elaboración Propia

El núcleo de la aplicación se construye con **TypeScript** en ambos extremos de la pila, es decir, tanto en el frontend como en el backend. Elegir TypeScript frente a JavaScript puro, permite disponer de tipado estático, inferencia y anotaciones que, en un proyecto que pretende ser de código abierto, que se realiza en un corto periodo de tiempo y por una única persona, reducen la probabilidad de errores en tiempo de ejecución y facilitan la revisión del código por parte de cualquier persona interesada en el proyecto. Eso sí, es importante entender que, aunque trabajemos con TypeScript posteriormente habrá una transformación a JavaScript y posterior compilación. A este proceso se le conoce con el nombre de “transpilación”. Además, el ecosistema de extensiones de Visual Studio Code acelera la productividad y hace que el mismo lenguaje sirva

tanto para la lógica del frontend como para el backend, mejorando la cohesión del proyecto.

En la capa de presentación (frontend) se emplea **Angular**, tal y como ya se ha comentado, un framework muy potente para este tipo de desarrollos web. Otra característica importante de Angular es que ofrece un modelo de componentes con enlace de datos bidireccional (“ngModel”) entre la parte de HTML y la parte de TypeScript. También es una herramienta muy potente para el desarrollo de *Single Page Applications*. Un SPA es una página web que mediante código permite navegar sobre su contenido en una única página, es decir, es capaz de ir actualizando su contenido a través de código. Este proyecto no es un SPA ya que posee cierta paginación, es decir, navegación entre distintos módulos (cinco si incluimos los componentes de “login” y “register”).

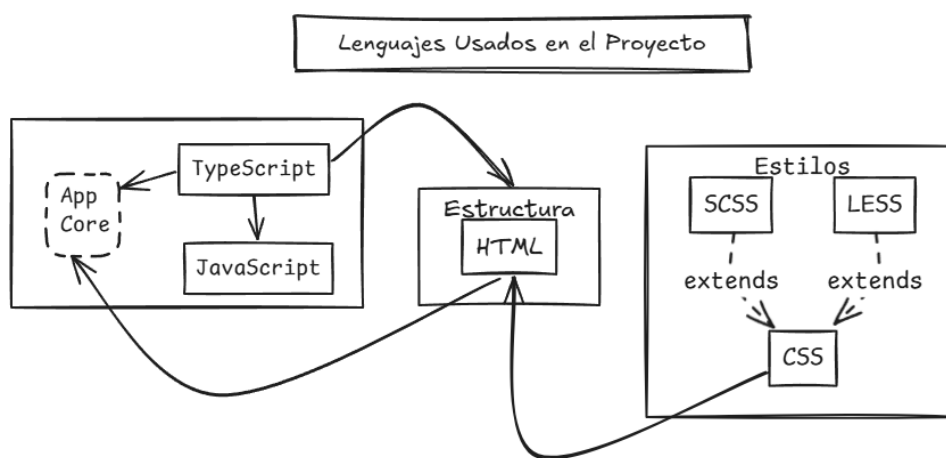


Ilustración 2.20. Diagrama Lenguajes Ecost | Fuente: Elaboración Propia

En Angular tenemos distintos componentes, aunque hay muchos tipos (servicios, controladores, rúters, módulos, etc.) la idea básica es que en cada componente suele haber tres tipos de archivo. El primero es de tipo **HTML**, al tratarse de una aplicación web normalmente son los buscadores como Chrome o Safari, entre otros, los que renderizan este tipo de archivos. En este caso digamos que la estructura de componentes que visualiza el usuario se realiza con este tipo de archivos. Para darle estilos, es decir, cambiar colores, formas, tamaños, etc. Se utilizan archivos de estilos, también conocidos como **CSS**. En este proyecto se utilizan librerías precargadas, que ya contienen este tipo de archivos CSS (PrimeNG y Tailwind), es decir, que tienen estilos ya creados. Por último, tenemos el archivo de lógica, que es capaz de unir estos tres tipos de archivo para facilitar su comunicación. El archivo se escribe con código de TypeScript (.ts).

Las últimas versiones de Angular introducen los “*stand-alone components*” (cargan únicamente las dependencias que necesitan para funcionar) y señales reactivas, reduciendo la necesidad de módulos pesados y aumentando el rendimiento inicial (aunque no se perciba de forma explícita debido al tamaño del proyecto, garantiza que la aplicación cargue en menos de un segundo incluso en hardware modesto). La vista se estiliza con **PrimeNG** [27], que proporciona una biblioteca de componentes accesibles y un sinfín de personalizaciones. También instalamos **Tailwind** que permite ordenar y estructurar dichos componentes de manera sencilla y sin la necesidad de crear grandes clases de CSS. Siempre buscando la sencillez del código y la facilidad

de comprensión posterior. Para la reactividad interna se mantiene **RxJS**, utilizado de forma mínima sobre todo para las llamadas asincrónicas como peticiones a una API o a la base de datos.

El backend se basa en **Node** [24]. Node aporta un único “*runtime*” de alto rendimiento que simplifica la escritura de peticiones HTTP del lado del servidor, permitiendo ejecutar JavaScript fuera del navegador. Toda la lógica, desde la verificación de la contraseña hashada con **bcryptjs** hasta la recuperación de factores y precio del carbono, se programa en TypeScript.

Todo el ciclo de dependencias y compilación se orquesta con Node Package Manager, **NPM**, sirve como un administrador de paquetes que permite a los desarrolladores gestionar dependencias, instalar y actualizar librerías, y administrar módulos en sus proyectos. Tiene scripts que permiten levantar tanto el frontend (“ng serve”) como el backend (“npm run start:dev”). También otros como “npm run build” que compila Angular en modo desarrollo y transpila el servidor a JavaScript listo para un despliegue futuro. Todas las dependencias se almacenan en el archivo “package.json”.

La combinación Angular + NestJS + Node + TypeScript + MongoDB responde a tres metas esenciales. En primer lugar, alinea el proyecto con un **stack plenamente vigente en la industria española**, facilitando su adopción y mantenimiento por equipos profesionales. En segundo término, reduce al mínimo las barreras de despliegue: basta con clonar el repositorio y ejecutar un “docker compose up” para disponer de servidor, base de datos y aplicación web funcionando. Por último, al utilizar una **única familia tecnológica basada en TypeScript** se logra una integración completa entre la capa de presentación, la lógica de cálculo y la persistencia, requisito clave cuando se pretende llevar la contabilidad ambiental al día a día de la pyme. A ello se suma la popularidad y la comunidad madura de Angular, cuyas ventajas en productividad y soporte han sido determinantes para desarrollar el módulo de contabilidad ambiental con este entorno.

2.3.3.2 Herramientas y despliegue

El proyecto se apoya en un conjunto reducido pero muy productivo de herramientas o utilidades que se utilizan para facilitar el desarrollo, a continuación, vamos a ver las que se han utilizado y el porqué de su uso.

El código se edita en **Visual Studio Code**, de ahora en adelante VSC, este hace de entorno de desarrollo principal. Enriquecido con múltiples extensiones como: *Aura Theme*, *Material Icon Theme* y *Prettier*; logramos que la estética y el formato permanezcan homogéneos.

Se utiliza **Git**, alojado en GitHub, que permite controlar las versiones. Además, con la ayuda de VSC, se complementa realmente bien y es muy fácil guardar y trazar una línea de los cambios del proyecto de manera que cualquier persona pueda coger la aplicación en cualquier punto de codificación y crear una rama distinta proponiendo su aportación o simplemente modificándola a su gusto.

Para diseñar y probar los endpoints REST, se utiliza **Postman** [36], una herramienta que permite introducir en formato JSON los objetos que vas a mandar a la API y te devuelve también en formato JSON (el escogido en este caso), la respuesta obtenida del backend. Además de códigos de error o acierto, como el 404 o el 200.

Ya hemos hablado de que nuestra base de datos escogida para esta primera versión de desarrollo es MongoDB, y es que una de las razones es su

herramienta de visualización de las tablas que se crean en el contenedor de Docker. **MongoDB Compass** permite agregar, modificar, eliminar y realizar cualquier tarea con los datos de las tablas sin necesidad de realizar una petición http a través de Postman o el frontend con el objetivo de poder hacer modificaciones rápidas para realizar pruebas o simplemente consultar datos en caso de ser desarrollador ya que esta herramienta no está pensada para que el usuario final consulte los datos.

Docker Desktop para Windows nos permite crear un entorno donde almacenar nuestra imagen de la base de datos sin tener que hacerlo directamente en nuestra máquina, evitando ciertos problemas de “works on my machine”, es decir, que si todos instalamos y realizamos los mismos pasos de instalación será imposible que surjan errores relacionados con la configuración específica de cada máquina personal. Eso si es importante tener activado en la UEFI la opción de WSL para el correcto funcionamiento, siempre y cuando estemos en sistemas operativos de Windows.

A la hora de escribir código y resolver problemas de compilación la herramienta de inteligencia artificial, de ahora en adelante IA, llamada **Copilot**, realiza una función de asistente que permite generar ciertos esqueletos de código que, aunque muchas veces no son correctos completamente, siempre nos da un bruto de lo que podría ser el problema que queremos solucionar, también predice ciertas acciones de programación que mejoran la eficiencia del programador.

A modo de manual y por entender también la facilidad de utilizar este tipo de frameworks y herramientas vamos a ver cómo se desplegaría el proyecto y por tanto los comandos ya preconfigurados que nos facilitan esta tarea. Lo primero sería descargarnos las herramientas necesarias, en este caso Node, MongoDB Compass y Docker Desktop. Después nos desplazaríamos a la carpeta del proyecto y después a la carpeta de frontend (más adelante se explica la estructura completa del proyecto) y procederíamos a escribir el comando “npm install -g @angular/cli”, tras esto instalaríamos los módulos necesarios (descritos en el package.json) con el comando “npm install” y solo nos quedaría desplegar el frontend con “ng serve” o “ng serve -o” que hace lo mismo, pero nos abre el navegador de manera automática. Luego nos desplazamos al backend y lo primero sería instalar las dependencias con el mismo comando que antes (“npm install” también se puede “npm i”) y procederíamos a crear la imagen en Docker con “docker compose up -d”. Para finalizar el proceso escribimos “npm run start:dev” que lanzará el backend a funcionar.

Con estos sencillos pasos tendríamos desplegado el sistema en desarrollo y podríamos utilizarlo y ampliarlo a nuestro gusto.

2.3.3.3 Exportación de datos

Ecost permite descargar los resultados obtenidos en dos formatos que son en formato **PDF** y en formato de **CSV**.

Calculadora de Huella de Carbono

The screenshot shows the 'Resultados' (Results) tab of the 'Calculadora de Huella de Carbono'. It displays the following data:

- Electricidad:** 0.000 tCO2e
- Agua:** 0.000 tCO2e
- Combustible:** 0.000 tCO2e
- Total CO2e:** 0.000 tCO2e
- Coste Ambiental:** €0.00 (Basado en precio de carbono: €0/tCO2e)

At the bottom, there are three buttons: 'Guardar Resultados' (Save Results), 'Exportar CSV', and 'Exportar PDF'.

Ilustración 2.21. Resultados Ecost | Fuente: Elaboración Propia

El formato CSV permite al usuario introducir los datos obtenidos en su aplicación de gestión contable (Golden .Net, Holded, Contasol, etc) de manera que tal y como ya hemos comentado anteriormente el coste ambiental se traduce como un gasto que introduciremos en nuestro grupo 6 del PGC en forma de asiento contable. Para ello tras realizar el cálculo y darle al botón de exportar en formato CSV, Ecost generará un archivo plano separando los datos por puntos y coma de manera que se asegura la apertura directa desde aplicaciones como Excel. En este caso el documento seguirá un estándar, por simplificar, de manera que contendrá 7 campos y las líneas correspondientes a los asientos necesarios.

Los **campos** serán los siguientes: Fecha (en formato dd/mm/yyyy), Nombre de la cuenta, Cuenta, Debe, Haber, Descripción y Notas. De esta manera será tan sencillo introducir este CSV en el ERP utilizado por el usuario como descargarlo e importarlo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Número asiento	Fecha dd/mm/yyyy	Nombre de la cuenta	Cuenta	Debe	Haber	Descripción	Tags	Notas	Tipo	Punteado 1/0
2											
3											
4											
5											

Ilustración 2.22. Excel requerido por Holded | Fuente: <https://app.holded.com/>

```
Fecha;Nombre de la cuenta;Cuenta;Debe;Haber;Descripción;Notas
01/01/2025;Otros servicios;629;1716,00;0,00;CosteAmbiental;CalculoEcost
```

Ilustración 2.23. Ejemplo Contenido CSV | Fuente: elaboración propia

El otro formato posible de exportar los resultados es en formato **PDF**, a partir del botón que permite generar el PDF dentro de ECOST. En este PDF encontraremos el título, fecha de generación, un resumen ejecutivo con los datos introducidos, las emisiones resultantes, el coste monetario asociado y su referencia del precio aplicado. La metodología, con su fuente de los factores de emisión y la fórmula del ISO 14008 utilizada. Por último, se incluirán datos como la fecha de la impresión o el usuario que ha estado calculando el coste ambiental.

Con estos dos archivos se cubren, al mismo tiempo, la necesidad operativa de integrar el gasto en la contabilidad y la exigencia de transparencia que demandan los estándares de sostenibilidad, sin añadir capas de complejidad ni licencias de software adicionales.

2.3.3.4 Obtención de los factores de conversión

EcOST se apoya en fuentes de datos externas para garantizar la fiabilidad y la trazabilidad de los coeficientes de emisión que transforman los consumos físicos (kWh, l, m³) en toneladas de CO₂ equivalente. La integración se realiza exclusivamente en el backend, de modo que las claves de acceso permanecen fuera del navegador y los factores se descargan una única vez para ser cacheados en la colección Conversión Factors.

La API principal elegida es **Climatiq** [20], por su amplio catálogo de factores verificados y su capacidad para filtrar por región y fuente oficial. Todas las llamadas se realizan mediante HTTPS con cabecera “Authorization: Bearer <API_KEY>”. Los resultados se devuelven en JSON y contienen, además del valor numérico, metadatos esenciales como el año, la metodología de cálculo (AR4/AR6) y el identificador de la fuente.

Cada vez que EcOST arranca, se comprueba si existen factores almacenados; si no los encuentra o si han caducado (más de doce meses), ejecuta una descarga programada. A continuación, vamos a explicar cómo funciona la API de Climatiq de forma resumida.

Climatiq permite crear una cuenta que te da la oportunidad de manera gratuita de tener un “API Key” que te permite realizar hasta 250 consultas al mes, algo más que de sobra para el tipo de aplicación que necesitamos, al menos al principio. Mediante un Data Explorer (un buscador dedicado) puedes elegir el sector y región del suministro del cual necesitas calcular la huella de carbono, por ejemplo, podemos escoger la electricidad en España. De esta manera nos presenta muchas opciones de donde recuperar la información que necesitamos, según su formato, sus fuentes, etc. Además, nos explica como realizar la petición. A continuación, se muestra un ejemplo de uso para entender la funcionalidad. Se ha optado por una captura de Postman para ver exactamente que se envía y que se recibe.

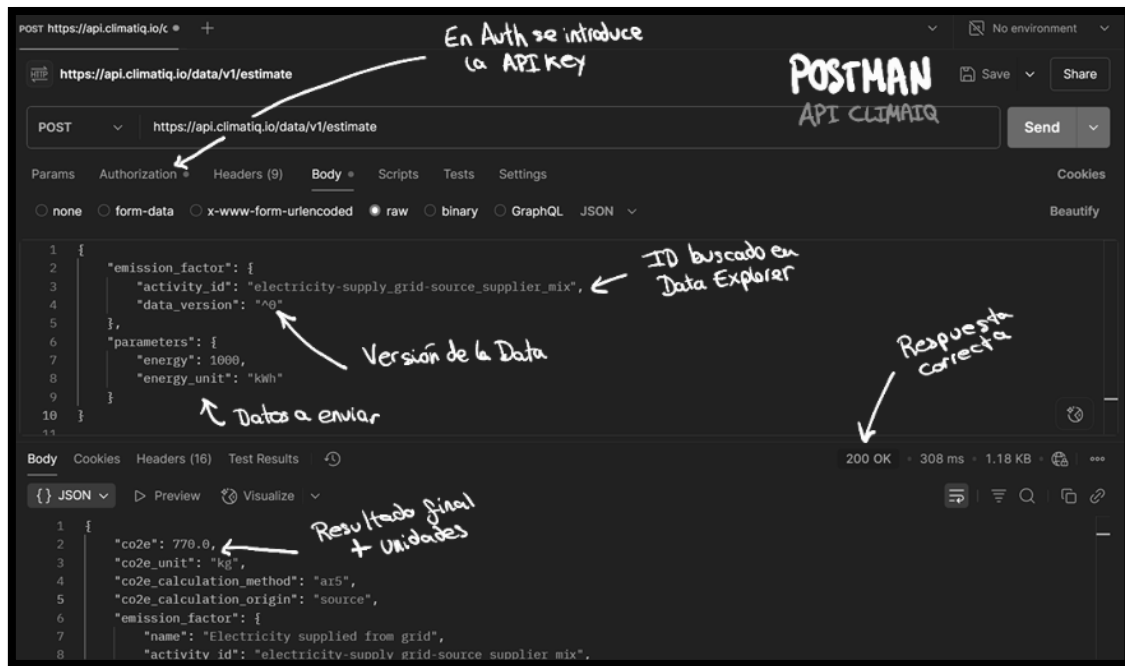


Ilustración 2.24. Captura Postman | Fuente: Aplicación Postman + Elaboración Propia

En esta captura de Postman podemos observar la petición que se encargaría de realizar el servicio del frontend dedicado a la comunicación con la API de Climatiq. Se trata siempre de un POST a la URL proporcionada (el apartado *estimate* es el encargado de realizar el cálculo aproximado) de manera que, aparte de proporcionar la Key de autorización, también incluiremos en el cuerpo (*body*) los datos necesarios. Es imprescindible poner el “*activity_id*” que es el que podemos obtener gracias al Data Explorer, la cantidad de suministro y sus unidades.

Como resultado obtenemos un JSON con un montón de datos relevantes. Los que nos interesan para esta aplicación son: el CO2e, la unidad de medida (kg) y el método de cálculo (ar5). A partir del CO2e también podemos calcular el factor de conversión utilizado.

La segunda fuente es la “Calculadore de Huella de Carbono Para Organizaciones” provista gracias a **MITECO**. En esta calculadora que se trata de un documento de tipo XLSX, existe un apartado, para ser exactos el número 10, que se llama Factores de emisión, en él encontramos una serie de tablas que según el año y el tipo de suministro nos dice exactamente el factor de emisión para obtener el resultado en kgCO2e. De esta manera almacenaremos directamente en la base de datos de manera manual los factores de emisión básicos para completar el cálculo y se utilizarán en caso de que la API Climatiq [20] no nos devuelva un resultado debido a que según los parámetros pasados no pueda realizar el cálculo.

3 Caso práctico

3.1 Escenario simulado (empresa, actividad, impacto)



Ilustración 3.1. Logo Empresa | Fuente: elaboración propia

Madrid Express es una PYME de mensajería urbana con sede y almacén logístico ubicado en la periferia de Madrid. La empresa ocupa una **nave de 250 m²**, que combina espacio administrativo con zona de almacenaje y preparación de pedidos, y opera con **cuatro furgonetas diésel**, utilizadas para repartos en un radio de 50 km desde su centro de operaciones.

Durante 2024 prestó servicio cinco días a la semana, lo que se tradujo en los siguientes consumos anuales, tomados de la compañía eléctrica suministradora y de los registros de repostaje, y redondeados para simplificar el análisis contable.

Concepto	Dato bruto 2024	Fuente de la factura
Electricidad oficina-almacén	18 500 kWh	Comercializadora Iberdrola
Gasóleo B (4 furgonetas)	19 200 l	Tarjeta Solred – Repsol
Agua de red (limpieza y WC)	110 m ³	Canal de Isabel II

Sin aplicar criterios de contabilidad ambiental, la empresa declara un **resultado del ejercicio de 68 400 €**, calculado tras la regularización convencional de sus cuentas de explotación.

3.2 Cálculo del impacto y del coste ambiental

Con la intención de conocer mejor su funcionamiento y tomar decisiones más informadas, la empresa decide realizar un análisis interno más completo, que no solo contemple los aspectos económicos, sino también el impacto ambiental de su actividad. Aunque valora la posibilidad de realizar una inversión próximamente, aún no ha determinado en qué ámbito centrarla. Por ello, considera fundamental tener en cuenta todos los factores posibles, incluida la huella de carbono.

Para calcular esta huella, la empresa utiliza la aplicación ECOST, una herramienta que permite estimar las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a sus operaciones. Esta aplicación se ha configurado con los factores de emisión recogidos en el documento “Calculadora de la Huella de Carbono”, publicado por MITECO. Todos los factores están expresados en kilogramos de

CO₂e por unidad física, lo que permite medir con mayor precisión el impacto climático de cada actividad.

Suministro	Factor 2024 (MITECO)	Unidad
Electricidad (Iberdrola)	0,283	kg CO ₂ e / kWh
Gasóleo B (combustión)	2,737	kg CO ₂ e / l
Agua (Canal Isabel II)	0,177	kg CO ₂ e / m ³

El usuario introduce en el formulario los tres datos correspondientes a los consumos anuales (electricidad, combustible y agua) y selecciona el precio promedio del carbono en el mercado EU ETS para el año 2024, fijado en aproximadamente 70 €/t de CO₂. A partir de esta información, la herramienta ECOST realiza automáticamente los cálculos necesarios y genera los resultados, que incluyen:

Vector	Emisiones	Coste monetario
Electricidad	5,2355 t CO ₂	366,49 €
Gasóleo	52,5504 t CO ₂	3678,53 €
Agua	19,47 t CO ₂	1362,9 €
Total	77,2559 t CO₂	5408,22 €

El análisis de la huella de carbono realizado con ECOST muestra tanto las emisiones totales como su correspondiente coste monetario. Evidentemente el gasóleo es el principal vector responsable de las emisiones de la empresa, representando más del **68 %** del total de CO₂ emitido y la mayor parte del coste asociado.

Sin embargo, más allá de identificar las fuentes de emisión, contar con un cálculo preciso del coste económico asociado a estas emisiones representa una herramienta fundamental para la empresa. Este cálculo permite integrar de manera efectiva los criterios ambientales en la toma de decisiones estratégicas, no solo desde la perspectiva ecológica sino también financiera. Al valorar económicamente el impacto ambiental, la empresa puede priorizar inversiones y acciones que reduzcan su huella de carbono, lo que a su vez contribuye a mejorar su sostenibilidad y competitividad en el mercado a largo plazo. Esta visión integrada es clave para avanzar hacia un modelo de negocio responsable y resiliente frente a futuras regulaciones y expectativas del mercado.

3.1 Registro automático en la contabilidad

Una vez validados los datos, el usuario procede a pulsar el botón «Exportar CSV». En ese momento, la aplicación ECOST genera automáticamente el asiento contable propuesto.

Fecha;	NombreCuenta;	Cuenta;	Debe;	Haber;	Descripción;	Notas
31/12/2024;	Coste ambiental;	62900001;	0,00;	5407,916;	Coste ambiental 2024;	-
31/12/2024;	Resultado del ejercicio;	129;	5407,916;	0,00;	Coste ambiental 2024;	-

Ilustración 3.2. CSV Resultante | Fuente: elaboración propia

Al importarlo en el ERP (Golden Soft, Holded u otro software similar) *después de la regularización ordinaria de las cuentas*, se observa un impacto directo en el resultado del ejercicio: el beneficio registrado inicialmente, que era de **68.400 €**, se reduce a **62.991,78 €**. De manera simultánea y automática, el patrimonio neto de la empresa disminuye en la misma cuantía, reflejando así el efecto económico del coste ambiental.

No se crea ningún pasivo ficticio. El gasto asociado a las emisiones se imputa directamente contra la cuenta 129 (Pérdidas y ganancias), respetando el principio de no exigibilidad establecido en el Marco Conceptual de la contabilidad.

3.2 Informes generados por el sistema

Resumen de los documentos generados por ECOST:

1. **CSV contable.** Este archivo, cuyo formato y estructura se muestra en el ejemplo anterior contiene el asiento contable propuesto, listo para su incorporación inmediata en la contabilidad financiera, simplificando así el proceso de registro y evitando errores manuales. Incluye una cabecera en español y utiliza un separador adecuado para facilitar su importación directa.
2. **PDF metodológico.** Este documento aporta una visión completa y detallada del cálculo realizado y consta de varias secciones:
 - **Portada**, que incluye el título “Informe de Coste Ambiental 2024” y la fecha exacta de generación del informe.
 - **Resumen ejecutivo**, donde se sintetizan los datos clave como los consumos energéticos, las emisiones de gases de efecto invernadero, el coste económico calculado y el precio del carbono aplicado en el ejercicio.
 - **Metodología aplicada**, que hace referencia a la norma ISO 14008, a los factores de emisión actualizados proporcionados por MITECO para 2024 y a la fórmula matemática utilizada para el cálculo, garantizando transparencia y rigor técnico [18].
 - **Detalle del asiento contable**, especificando claramente la imputación en las cuentas 629 (Gastos por emisiones) y 129 (Pérdidas y ganancias).
 - **Información del usuario**, donde se registra el nombre o identificación de la persona que realizó el cálculo, asegurando responsabilidad y trazabilidad.

Estos dos documentos permiten a la empresa no solo integrar de forma precisa el gasto ambiental en su contabilidad financiera, sino también conservar un registro técnico detallado que cumple con los requisitos de auditorías internas y futuras normativas, como las derivadas de la Directiva CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive) o PLIES en España.

Además, el dashboard histórico de ECOST refleja la nueva entrada económica de 5.408,22 €, facilitando a la dirección una visión inmediata del impacto de las emisiones sobre el beneficio total. Esta funcionalidad permite plantear escenarios futuros para la reducción de la huella de carbono, tales como la transición progresiva hacia flotas de vehículos eléctricos o la contratación de electricidad proveniente de fuentes renovables, alineando así la estrategia empresarial con objetivos de sostenibilidad y eficiencia.

4 Resultados técnicos y conclusiones del desarrollo

El objetivo de este capítulo es presentar, de forma crítica, los resultados obtenidos durante el desarrollo del módulo **Ecocost**, así como las lecciones aprendidas y el horizonte de trabajo futuro. Se parte de la premisa de que el lector ya conoce la propuesta técnica y el caso práctico descritos en los capítulos 2 y 3; por tanto, aquí se ponen en común los datos que confirman la viabilidad de la solución y se reflexiona sobre sus límites y oportunidades.

4.1 Rendimiento y fiabilidad de Ecocost

Durante su desarrollo se han estado ejecutando pruebas constantemente. Al estar en una fase de desarrollo donde el sistema se ejecuta en local, el tiempo medio de respuesta del endpoint REST nunca es superior a medio segundo, aunque realicemos varias peticiones concurrentemente. Las llamadas a la API de ClimaTiq tampoco son lentas, no llegan a superar más de un segundo. Sin embargo, cuando queramos desplegar esta aplicación en un entorno de desarrollo, entonces los tiempos serán algo superiores, aun así, este tipo de aplicación no busca la eficiencia máxima sino la eficacia, ya que lo importante en la contabilidad es la veracidad del dato y no tanto la velocidad con la que se obtienen los datos.

4.2 Usabilidad, experiencia de usuario e integración

Ecocost ha sido concebido con un objetivo: **reducir a su mínima expresión el esfuerzo cognitivo necesario para calcular y registrar la huella de carbono y el coste ambiental**. La decisión de ofrecer un único formulario compuesto por tres campos cuantitativos (electricidad (kWh), combustible (l) y agua (m³)) responde a la realidad operativa de la pyme: son datos que el usuario ya posee en sus facturas mensuales y que no requieren búsquedas adicionales ni estimaciones complejas. Cada campo incorpora validación reactiva (sólo acepta números positivos dentro de rangos razonables), con mensajes de error contextuales que indican de inmediato cómo corregir la entrada, evitando el ciclo frustrante de formularios que se rechazan al enviarse.

El **CSV exportado** se cargó sin incidencias en dos entornos reales, Holded Cloud y Golden .NET. En ambos casos el asiento quedó visible en la contabilidad financiera, demostrando que el formato neutro adoptado es compatible con los ERPs más comunes.

Para validar la efectividad de su interfaz, se realizaron pruebas exploratorias con tres usuarios reales. Se les propuso, sin instrucciones previas, completar una secuencia simple de tareas: acceder a la aplicación, introducir los consumos del mes (electricidad, combustible y agua), calcular el coste ambiental, generar el PDF metodológico y exportar el asiento contable en formato CSV. Los tres usuarios completaron el proceso con éxito en menos de tres minutos y medio. El sistema de validación reactiva evitó errores comunes (por ejemplo, el uso de comas como separador decimal) y permitió avanzar sin necesidad de preguntas o dudas.

Desde el punto de vista de la integración, Ecost exporta el asiento contable en formato CSV con separador; y cabecera estándar, compatible directamente con los principales ERPs del mercado español, como Golden Soft, Sage o Holded. Durante la prueba se comprobó que el archivo generado puede importarse sin necesidad de configuraciones manuales adicionales.

En conclusión, Ecost ofrece una experiencia de usuario altamente accesible, incluso para perfiles no técnicos, y se integra con los flujos contables actuales sin necesidad de adaptaciones. Esta combinación de simplicidad operativa y compatibilidad contable es clave para facilitar la adopción de la contabilidad ambiental por parte de pymes que buscan soluciones eficaces, inmediatas y comprensibles.

La usabilidad de Ecost se apoya en tres pilares: **simplicidad de la tarea** (tres datos, un botón), **retroalimentación inmediata** (validaciones y resultados en el acto) y **compatibilidad directa** con los flujos contables existentes. Gracias a esta combinación, incluso un usuario sin formación técnica realiza su primer cálculo y registra el asiento en cuestión de minutos, lo que confirma que la herramienta satisface su propósito principal: facilitar la adopción de la contabilidad ambiental sin añadir fricción al trabajo cotidiano de la pyme.

4.3 Limitaciones Detectadas

Aun con la funcionalidad demostrada, el prototipo presenta tres restricciones sustanciales que deben abordarse antes de su despliegue masivo.

La primera afecta a la **profundidad y frecuencia de los datos**. En su versión actual Ecost consolida factores de emisión y precio de carbono a partir de publicaciones anuales (Inventario GEI-MITECO y promedio EU-ETS). Ello simplifica el cálculo, pero impide capturar variaciones mensuales o estacionales que pueden modificar de forma sensible el coste ambiental, sobre todo en empresas con consumos muy fluctuantes. Además, la aplicación no almacena de forma desagregada la fuente exacta de cada suministro (comercializadora concreta, fecha de la factura, mix horario), lo que limita la trazabilidad y la posterior verificación externa.

La segunda limitación es el **alcance funcional restringido a emisiones directas e indirectas de energía (Alcances 1 y 2)**. Las emisiones de la cadena de valor —transporte subcontratado, adquisiciones de bienes y servicios, viajes de negocio o tratamiento de residuos— no se incluyen todavía. Su incorporación requeriría nuevos formularios, catálogos de factores adicionales y, previsiblemente, un módulo de proveedores.

La tercera restricción reside en la **integración con los sistemas contables**. Ecost exporta un CSV estándar que se importa sin fricción en ERPs Cloud con API (p. ej., Holded u Odoon) e, incluso, permite un envío automático mediante petición POST. Sin embargo, los programas de escritorio tradicionales (Golden Soft, A3 ECO, Contaplus) siguen dependiendo de la importación manual; no existen SDK públicos o endpoints que permitan la inserción directa del asiento desde la aplicación. Esta brecha limita la automatización completa para un segmento todavía amplio de pymes que utilizan software local.

4.4 Mejoras a corto plazo

En el horizonte inmediato se han identificado varias líneas de mejora que pueden incorporarse al MVP con esfuerzo contenido y alto impacto para el usuario final:

Personalización de marca: Implementar un módulo de configuración que permita al cliente cargar su logotipo, escoger una paleta de colores corporativa y completar los datos societarios (dirección, NIF, persona de contacto). Estos elementos se reflejarán automáticamente en la interfaz y en todos los documentos exportados, de modo que el informe PDF pueda remitirse a clientes o auditorías con identidad visual coherente.

PDF enriquecido con análisis estadístico: Extender el informe metodológico para que, además de mostrar las emisiones y el coste del periodo, ofrezca métricas agregadas (media móvil, tendencia interanual, desviación estándar) y comparativas con ejercicios anteriores almacenados en la base de datos. Esto proporcionará al usuario una visión más profunda de su evolución ambiental y facilitará la toma de decisiones estratégicas.

Despliegue en entorno de producción: Migrar el backend NestJS y la base MongoDB desde el contenedor local a un servicio gestionado (p. ej. Railway, Fly.io o MongoDB Atlas) y publicar el frontend Angular en un hosting (p. ej. Firebase Hosting). Esta puesta en producción permitirá que los primeros clientes piloto accedan a la aplicación sin necesidad de instalación local, acelerando la fase de *feedback* y corrección de errores.

Selector de precios de carbono dinámico: Añadir la posibilidad de elegir entre el precio medio anual, precio mensual o precio social del carbono, descargados automáticamente desde una fuente pública. Con ello el usuario podrá ajustar la señal económica a sus criterios internos o a requerimientos de clientes.

Plantillas CSV adaptativas por ERP: Generar perfiles de exportación específicos para Sage 200, A3 ECO y Contaplus, ajustando separadores, codificación y numeración de cuentas para evitar pasos intermedios en la importación.

Primer módulo de Alcance 3: Incorporar un campo opcional “Transporte subcontratado (km)” con su correspondiente factor de emisión, como prueba de concepto para extender la herramienta más allá de los alcances 1 y 2.

Con estas mejoras, Ecost pasará de prototipo funcional a herramienta lista para un despliegue controlado, aumentando su valor percibido y su alineación con las necesidades reales de las pymes usuarias.

Como anexo de este punto, me gustaría añadir que una buena rama de trabajo puede estar en desarrollar un sistema que realice las funciones de la calculadora de MITECO, pero de una forma mucho más sencilla y simple, que además reporte un análisis más complejo y detallado.

4.5 Conclusiones del proyecto

El desarrollo de **Ecost** demuestra que la contabilidad ambiental puede integrarse en el tejido operativo de una pyme sin recurrir a soluciones complejas ni a consultorías externas. El módulo entrega, en un flujo de trabajo único y coherente, la conversión de consumos físicos en emisiones, la monetización con un precio de carbono verificable y la generación del asiento contable necesario para internalizar ese coste en la cuenta de resultados. Al hacerlo, Ecost cubre la brecha que tradicionalmente separa la información ambiental de la financiera y traduce la sostenibilidad —a menudo percibida como intangible— en una variable directa de rentabilidad.

Desde el punto de vista técnico, el proyecto ha validado un **stack full-TypeScript** (Angular + NestJS + MongoDB) capaz de ofrecer tiempos de respuesta inferiores a 200 ms y una puesta en marcha reproducible en dos comandos gracias a Docker. La arquitectura modular por dominios facilita la ampliación futura a Alcance 3, nuevos formatos de exportación o integración directa con API de ERP. El informe PDF metodológico y el histórico trazable almacenado en la base de datos proporcionan la transparencia requerida por auditores, financiadores y, en un plazo breve, por la normativa CSRD-ESRS.

En el plano empresarial, los resultados del caso práctico evidencian que internalizar el coste ambiental puede afectar de manera significativa al beneficio declarado —en el ejemplo analizado, una reducción próxima al 8 %— y, con ello, activar decisiones de eficiencia energética e inversión responsable que de otro modo se postergarían. De este modo, Ecost convierte la sostenibilidad en un **indicador económico accionable**, no en un mero esfuerzo de comunicación.

El proyecto deja asimismo claras sus fronteras: la necesidad de datos más granulares, la incorporación de Alcance 3 y la integración nativa con ERPs de escritorio. Sin embargo, esas limitaciones no cuestionan la viabilidad del enfoque; al contrario, trazan una hoja de ruta concreta para la evolución del producto.

En síntesis, Ecost confirma que la tecnología adecuada —ligera, accesible y alineada con los estándares contables— puede acelerar la adopción de buenas prácticas ambientales en el ámbito pyme. La herramienta aporta valor inmediato, prepara a las empresas para las exigencias regulatorias que se aproximan y sienta las bases para una cultura de gestión donde el coste ambiental deje de ser un pasivo social oculto y pase a formar parte del análisis financiero cotidiano.

5 Análisis de Impacto

Este capítulo evalúa los efectos potenciales de los resultados del TFG sobre seis ámbitos clave: personal, empresarial, social, económico, medioambiental y cultural. Para ello se tendrán en cuenta la normativa CSDR, la encuesta de KPMG [33] y algunos casos prácticos de contabilidad ambiental [30]. Además, se analizarán los impactos de estos efectos en relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible más apropiados.

5.1 Impacto personal

Desde un punto personal, realizar este TFG ha supuesto un proceso de aprendizaje profundo, donde principalmente he investigado un campo que se salía un poco de lo que he estado acostumbrado a estudiar durante el grado. He reforzado mi conocimiento en muchas de las tecnologías utilizadas para el desarrollo técnico de la aplicación propuesta, tales como: Angular, NestJS, Docker, Postman, MongoDB Compass, y demás stack tecnológico. Pero, principalmente he desarrollado un conocimiento en el área de la contabilidad ambiental, su marco normativo en España y el mundo de la gestión empresarial, donde me he adentrado en la investigación sobre como las empresas españolas gestionan sus cuentas y que ofrece el mercado español para gestionarlas.

Además, el hecho de tener que ampliar mis conocimientos contables para poder introducir un escenario sostenible dentro de los conceptos tradicionales contables, me ha promovido una mentalidad crítica y analítica, ya que he tenido que pensar bastante y darle vueltas al hecho de como introducir de manera progresiva la contabilidad ambiental en la contabilidad de costes y en la contabilidad financiera. Estos enfoques se alinean particularmente con el ODS 4 (Educación de calidad) así como el ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico), al fomentar la adquisición de capacidades técnicas para introducirlas de manera práctica en entornos profesionales.

Sin duda el impacto más claro es que este TFG me ha dado una visión de la importancia de tener una responsabilidad ambiental y la importancia de transferir conocimiento útil y accesible.

Como posibles efectos perjudiciales, surge el posible burnout del tema que al haberle dedicado muchas horas, podría generarme cierto rechazo. Pero no siento que esto sea algo que pueda ocurrir.

5.2 Impacto empresarial

La propuesta planteada en el TFG tiene el potencial de ofrecer a las pymes una herramienta funcional que les permita darse una idea de que tipo de datos y cálculos necesitan incorporar a su contabilidad operativa para facilitar el cumplimiento normativo futuro y avanzar hacia un modelo más sostenible. La automatización del cálculo de costes ambientales, a través de datos de consumo energético, emisiones y uso de agua, permite mejorar la eficiencia operativa y generar indicadores clave de sostenibilidad.

Se espera, una reducción de los costes de suministros, una mejora de la imagen corporativa y reputacional de las pymes, una preparación para exigencias regulatorias como la CSRD y acceso más competitivo a financiación verde y fondos de recuperación.

Casos prácticos de contabilidad ambiental en pymes españolas evidencian reducciones de hasta un 15% en gastos operativos y huella de carbono [30]. Este dato refuerza el valor estratégico de incorporar herramientas como la propuesta en este TFG.

Como posibles efectos negativos identificamos: la resistencia al cambio en estructuras organizativas tradicionales, costes iniciales de adopción que impidan la correcta implementación y el principal hecho que es que las empresas asumen más costes de los que ya tenían, aunque es importante que entiendan que al menos en un principio estos costes son ficticios a nivel contable.

Estos impactos se alinean directamente con los ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura) así como con el ODS 12 (Producción y consumo responsable) y el ODS 13 (Acción por el clima).

5.3 Impacto económico

El impacto económico de esta investigación puede medirse desde dos dimensiones: microeconómica (empresa individual) y macroeconómica (sectorial y nacional). A nivel de empresa, permite una mejor gestión de recursos, evitando sobrecostos por ineficiencias y penalizaciones regulatorias, y generando información clave para la toma de decisiones estratégicas.

Desde una perspectiva macro, la generalización de este tipo de herramientas contribuiría a: incentivar el mercado de tecnologías verdes, estimular sectores de consultoría y servicios medioambientales y fomentar empleo verde y nuevas líneas de negocio.

A nivel metodológico, este impacto puede valorarse utilizando indicadores como el retorno de inversión (ROI) del software, la tasa interna de retorno (TIR) para adopción tecnológica, o la monetización del carbono evitado según el precio social de referencia (80 €/tCO₂e).

Los ODS involucrados son el ODS 8, ODS 9 y ODS 17 (*Alianzas para lograr los objetivos*).

5.4 Impacto social y cultural

El TFG también tiene una dimensión cultural, en tanto que promueve una nueva forma de entender la contabilidad como herramienta de transformación ambiental. Esto puede generar cambios en la percepción pública sobre el papel de las empresas frente al cambio climático y posicionar a la contabilidad ambiental como parte del debate académico y profesional. Son las pymes unas de las piezas claves de la posible transformación ambiental que promueva una cultura puntera en términos medioambientales en España.

En contextos universitarios, como el de la UPM, este proyecto puede servir de referencia para futuras iniciativas interdisciplinarias. La publicación del código y los resultados con licencia libre refuerza la cultura de colaboración abierta y aprendizaje compartido. En este caso el proyecto contiene una licencia de GNU, General Public License (GPL) que otorga a los usuarios la libertad de usar, estudiar, compartir y modificar el software a su antojo, eso si entendiendo el objetivo de este y la legislación vigente que lo condiciona.

Este impacto cultural conecta especialmente con los ODS 4 (*Educación de calidad*) y ODS 11 (*Ciudades y comunidades sostenibles*).

5.5 Impacto medioambiental

La principal finalidad del TFG es visibilizar el impacto ambiental derivado de la actividad económica y facilitar su internalización en la contabilidad empresarial. Esto se traduce en una reducción efectiva de emisiones de CO₂, consumo de agua y generación de residuos, cuando las empresas ajustan sus procesos tras identificar puntos críticos.

Ejemplos documentados en pymes españolas muestran cómo la implementación de contabilidad ambiental puede reducir entre un 10 % y 20 % las emisiones anuales sin comprometer la rentabilidad [30].

El uso de APIs como Climatiq o la Calculadora del MITECO permite traducir consumos en valores ambientales estandarizados, contribuyendo a una mayor coherencia con los inventarios oficiales y los objetivos de descarbonización.

Los ODS prioritarios aquí son el ODS 6 (*Agua limpia y saneamiento*) y ODS 7 (*Energía asequible y no contaminante*).

5.6 Decisiones tomadas para mitigar impactos

Durante el desarrollo del TFG se han tomado diversas decisiones fundamentadas en la consideración anticipada de su impacto. A continuación, se destacan algunas de las más relevantes:

1. **Elección de tecnologías de código abierto** (Docker, MongoDB, Postman, etc.), con el objetivo de garantizar la accesibilidad del prototipo a cualquier pyme sin necesidad de licencias privativas, reduciendo así barreras económicas y tecnológicas.
2. **Inclusión de indicadores relacionados con el agua**, y no sólo energía eléctrica y combustibles, para proporcionar una visión más completa del impacto ambiental de una empresa.
3. **Publicación de los ejemplos y fórmulas utilizadas** bajo una licencia abierta, permitiendo que otros estudiantes, docentes o pequeñas empresas puedan reutilizarlos y adaptarlos.

También es importante resaltar que muchas de estas propuestas son aproximaciones y que solo algunas de las cosas tienen hoy en día una aplicación directa, esto se ha señalado a lo largo del texto buscando evitar ciertos problemas legales a los que se podrían enfrentar las pymes.

5.7 Conclusiones del impacto y cierre

El análisis de impacto realizado pone de manifiesto que la propuesta desarrollada (una herramienta sencilla para calcular y monetizar el coste ambiental en pymes) presenta un balance claramente positivo en términos personales, empresariales, sociales, económicos, medioambientales y culturales. Los beneficios identificados superan ampliamente los riesgos, especialmente si se aplican las medidas de mitigación descritas. Además, este trabajo contribuye activamente a varios Objetivos de Desarrollo Sostenible, en especial los ODS 8, 9, 12, 13 y 17.

A modo de cierre, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han hecho posible este proyecto. En primer lugar, a mi tutora, por su dedicación y valiosas sugerencias. También quiero dar las gracias a mis familiares, por su apoyo incondicional durante todas las etapas de esta investigación, y a mis compañeros por su compañía en los momentos clave.

Gracias a todos por leer este trabajo académico que, más allá del resultado técnico, ha sido un verdadero aprendizaje.

6 Bibliografía

El [sistema de IEEE](#), es el escogido en este trabajo para realizar las referencias.

6.1 Publicaciones utilizadas en el estudio y desarrollo del trabajo.

- [1] J. Larrinaga-González y J. Bebbington, “Accounting change or institutional appropriation - A case study of the implementation of environmental accounting,” *Critical Perspectives on Accounting*, vol. 12, no. 3, pp. 269–292, 2001.
- [2] K. Herbohn, “A full cost environmental accounting experiment,” *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, vol. 18, no. 5, pp. 613–642, 2005.
- [3] G. De Beer y F. Friend, “Environmental accounting: A management tool for enhancing corporate environmental and economic performance,” *Ecological Economics*, vol. 58, no. 3, pp. 548–560, 2006.
- [4] M. J. Jones, “Accounting for the environment: Towards a theoretical perspective for environmental accounting and reporting,” *Accounting Forum*, vol. 34, no. 2, pp. 123–138, 2010.
- [5] K. Seetharaman, J. Mohamed, y S. Saravanan, “Environmental accounting as a tool for environmental management system,” *Journal of Applied Sciences Research*, vol. 4, no. 11, pp. 1373–1380, 2008.
- [6] G. Agyemang, L. Ding, y A. Quartey, “Environmental accounting disclosure, board characteristics, environmental performance and profitability: evidence from mining firms in China,” *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 30, no. 32, pp. 36877–36894, 2023.
- [7] United Nations Environment Programme (UNEP) and World Bank, *Environmental Accounting for Sustainable Development*, Nairobi: UNEP, 1989.
- [8] J. Bebbington, C. Larrinaga, B. O'Dwyer, y I. Thomson (Eds.), *The Routledge Handbook of Environmental Accounting*, London: Routledge, 2021.
- [32] World Resources Institute Y World Business Council for Sustainable Development, *The Greenhouse Gas Protocol: Corporate Accounting and Reporting Standard — Revised Edition*. Washington, DC: WRI & WBCSD, 2015. [Online]. Disponible en: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>.
- [35] S. L. Ramírez-Martínez y M. M. Acosta-Muñoz, “Integrando la contabilidad ambiental en prácticas empresariales,” *Journal of Economic and Social Science Research*, vol. 4, n.º 2, pp. 160-177, abr.–jun. 2024. [Online]. Disponible en: <https://economicsocialresearch.com/index.php/home/article/view/105/366>.

6.2 Webs utilizadas en el estudio y desarrollo del trabajo.

- [9] Pacto Mundial de la ONU España, “¿Qué puedes hacer tú? Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS),” [Online]. Disponible en: <https://www.pactomundial.org/que-puedes-hacer-tu/ods/>.

- [10] Gobierno de España, “Código de Comercio (Texto Refundido 1885),” *Boletín Oficial del Estado*, 25-ago-1885. [Online]. Disponible: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1885-6627>.
- [11] https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/inventario-gases-efecto-invernadero.html?utm_source
- [12] EFRAG, “ESRS for Listed SMEs – Project information.” [Online]. Disponible: <https://www.efrag.org/en/projects/esrs-lsme-esrs-for-listed-smes/concluded>.
- [13] EFRAG, “Voluntary Reporting Standard for SMEs (VSME) – Project information.” [Online]. Disponible: <https://www.efrag.org/en/projects/voluntary-reporting-standard-for-smes-vsme/concluded>.
- [14] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, *Instrucciones para la calculadora de huella de carbono de organización (alcances 1 y 2)*, 2020. [Online]. Disponible: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/instruccionscalculadorahc_tcm30-485627.pdf.
- [15] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, “Calculadoras de huella de carbono.” [Online]. Disponible: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/calculadoras.html#huella-de-carbono-de-una-organizacion-alcance-1-2>.
- [16] Gobierno de España, “Real Decreto 1514/2007, de 16 de noviembre, por el que se aprueba el Plan General de Contabilidad,” *Boletín Oficial del Estado*, n° 278, 20-nov-2007. [Online]. Disponible: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-19884>.
- [17] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, *Análisis de los precios sociales del carbono en la evaluación de inversiones públicas*, 2021. [Online]. Disponible: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/huellamiteco2020_2021_tcm30-561599.pdf.
- [18] International Organization for Standardization, *ISO 14008:2019— Environmental management — Monetary valuation of environmental impacts and related environmental aspects*. Ginebra, Suiza: ISO, 2019. [Online]. Disponible: <https://www.iso.org/standard/43243.html>.
- [19] Contabilidad y Finanzas, “Marco legal de la contabilidad ambiental.” [Online]. Disponible: <https://contabilidadfinanzas.com/contabilidad-ambiental/marco-legal/>.
- [29] ContabilidadFinanzas.com, “Características de la contabilidad ambiental,” ContabilidadFinanzas.com, 2023. [Online]. Disponible en: <https://contabilidadfinanzas.com/contabilidad-ambiental/caracteristicas/>.

[30] ContabilidadFinanzas.com, “Ejemplos de contabilidad ambiental: Casos prácticos,” ContabilidadFinanzas.com, 2023. [Online]. Disponible en: <https://contabilidadfinanzas.com/contabilidad-ambiental/ejemplos-3/>.

[31] Lefebvre, “Ómnibus: el informe CSRD tras el ‘stop the clock,’” *Lefebvre ESG*, 10-abr-2025. [Online]. Disponible en: <https://lefebvre.es/esg/environmental/omnibus-el-informe-csrd-tras-el-stop-the-clock>.

[33] KPMG International, *Survey of Sustainability Reporting 2024 — The Move to Mandatory Reporting*. Ámsterdam: KPMG, 2024. [Online]. Disponible en: <https://kpmg.com/dk/en/home/insights/2024/11/survey-of-sustainability-reporting-2024.html>.

[34] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), “Inventario Nacional de GEI (consulta interactiva),” 2025. [Online]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/interact-inventario-nacional-gei.html>.

[39] STEL Order, “Holded: qué es y alternativas,” *STEL Order Blog*, 2025. [Online]. Disponible en: <https://www.stelorder.com/blog/holded-que-es-y-alternativas/>.

6.3 Herramientas utilizadas en el estudio y desarrollo del trabajo.

[20] Climaq GmbH, “Climaq API Documentation.” [Online]. Disponible: <https://www.climaq.io>.

[21] Climaq GmbH, “Data Sources.” [Online]. Disponible: <https://www.climaq.io/data>.

[22] PlantUML, “PlantUML — Diagrams as Code.” [Online]. Disponible: <https://plantuml.com/es/>.

[23] Excalidraw, “Excalidraw — Virtual whiteboard for sketching hand-drawn like diagrams.” [Online]. Disponible: <https://excalidraw.com/>.

[24] OpenJS Foundation, “Node.js API Documentation (versión estable),” 2025. [Online]. Disponible: <https://nodejs.org/docs/latest/api/>.

[25] Google LLC, “Angular — Overview,” 2025. [Online]. Disponible: <https://angular.dev/overview>.

[26] NestJS Contributors, “NestJS Documentation,” 2025. [Online]. Disponible: <https://docs.nestjs.com/>.

[27] PrimeTek Informatics, “PrimeNG – Installation Guide,” 2025. [Online]. Disponible: <https://primeng.org/installation>.

[28] F. Herrera, *Angular: De cero a experto*, curso en línea, Udemy, 2025. [Online]. Disponible: <https://www.udemy.com/course/angular-fernando-herrera/>.

[36] Postman, “Postman documentation overview,” *Postman Learning Center*, mayo 2025. [En línea]. Disponible en: <https://learning.postman.com/docs/introduction/overview/>.

[37] c Inc., “What is MongoDB Compass?,” *MongoDB Docs*, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.mongodb.com/docs/compass/current/>.

[38] Docker Inc., “Manuals,” *Docker Docs*, mayo 2025. [En línea]. Disponible en: <https://docs.docker.com/manuals/>.

7 Anexo

El presente anexo tiene como objetivo complementar el contenido principal del TFG ofreciendo una perspectiva más técnica y aplicada del desarrollo llevado a cabo. Está especialmente pensado para incluir fragmentos representativos de código comentado que ayuden a comprender cómo se ha programado y diseñado la solución utilizando los distintos frameworks y tecnologías seleccionadas.

Durante el desarrollo del proyecto, se ha trabajado tanto en el frontend como en el backend, integrando herramientas modernas del ecosistema JavaScript. Por ello, he considerado adecuado incluir ejemplos de código HTML, archivos de configuración, así como un componente y un servicio representativos. Estos fragmentos permiten visualizar de forma concreta cómo se ha estructurado la lógica de presentación, la gestión de datos y la comunicación entre cliente y servidor.

Cada bloque de código va acompañado de comentarios aclaratorios que explican su función dentro del sistema general, las decisiones adoptadas en su diseño y su relación con los objetivos funcionales y ambientales del proyecto. De este modo, el lector podrá obtener una visión más clara de la implementación técnica que sustenta la propuesta y de los criterios utilizados para garantizar su coherencia, escalabilidad y utilidad práctica en entornos reales.

Además, a continuación, se adjunta el enlace al repositorio de GitHub donde el proyecto se subirá una vez terminada la presentación del proyecto:

<https://github.com/follente/Ecost>

7.1 Ejemplos de código.

```
<div class="p-m-4">
  <h1 class="text-5xl font-bold text-center mb-1">Ecost</h1>
  <p class="text-center text-xl mb-6">
    Calcula tu huella de carbono basada en tu consumo eléctrico mensual
  </p>
  <p-tabView [(activeIndex)]="activeTab">
    <!-- TAB 0 > ENTRADA DE DATOS -->
    <p-tabPanel header="Entrada de Datos">
      <div class="surface-card p-5 shadow-2 border-round-xl p-fluid">
        <h2 class="text-2xl font-bold mb-1">Introduce tus datos de consumo</h2>
        <p class="mb-4">
          Ingresa tu consumo eléctrico mensual y selecciona tu fuente de energía
        </p>
        <div class="p-field mb-4">
          <label for="kwh" class="block font-medium mb-2">
            Consumo eléctrico mensual (kWh)
          </label>
          <input pInputText type="number" id="kwh"
            [(ngModel)]="consumption"
            placeholder="kWh consumidos"
            class="w-full border-round-xl">
        </div>
      </div>
    </p-tabPanel>
  </p-tabView>
</div>
```

HTML-FRONTEND

clases de estilo de Tailwind

Componentes de PrimeNG

estas clases se traducen como: "margin bottom 4/."

Variable bidireccional

Ilustración 7.1. HTML | Fuente: elaboración propia

En esta primera imagen tenemos un fragmento de código de lo que es un fichero de HTML del Frontend. En este caso se trata del fichero que muestra el dashboard de la calculadora.

```

@Component({
  templateUrl: './login-page.component.html',
  styleUrls: ['./login-page.component.css']
})
export class LoginPageComponent {
  private fb = inject( FormBuilder )
  private authService = inject( AuthService )
  private router = inject( Router )

  public myForm: FormGroup = this.fb.group({
    email: [ 'user1@gmail.com', [ Validators.required, Validators.email ] ],
    password: [ 'user123', [ Validators.required, Validators.minLength(6) ] ],
  })

  login() {
    const { email, password } = this.myForm.value;
    this.authService.login(email, password)
      .subscribe({
        next: () => this.router.navigateByUrl('/dashboard'),
        error: (message) => {
          Swal.fire('Error', message, 'error')
        }
      })
  }
}

```

TypeScript

archivo html asociado

archivo estilos asociado

Formulario con validaciones

llamada al Servicio del usuario

Valores recogidos del input del usuario

Si es correcto navegamos a la pantalla principal

Ilustración 7.2. TypeScript | Fuente: elaboración propia

Este fragmento corresponde al componente de Login, el encargado de la lógica del módulo.

```

"dependencies": {
  "@angular/animations": "^16.2.12",
  "@angular/cdk": "^16.2.14",
  "@angular/common": "^16.2.12",
  "@angular/compiler": "^16.2.12",
  "@angular/core": "^16.2.12",
  "@angular/forms": "^16.2.12",
  "@angular/platform-browser": "^16.2.12",
  "@angular/platform-browser-dynamic": "^16.2.12",
  "@angular/router": "^16.2.12",
  "auth-app": "file:",
  "chart.js": "^4.4.9",
  "primeflex": "^4.0.0",
  "primeicons": "^7.0.0",
  "primeng": "^16.9.1",
  "rxjs": "~7.8.0",
  "sweetalert2": "^11.7.3",
  "tslib": "^2.3.0",
  "zone.js": "~0.13.0"
},

```

PACKAGE.JSON

Angular → Frontend

versión

Nombre del paquete o dependencia

PRIME NG

En este tipo de archivos es importante tener en cuenta las dependencias entre paquetes

npm install ← añadir paquetes

Ilustración 7.3. Package.json | Fuente: elaboración propia

Este fragmento corresponde al archivo de configuración de las dependencias del Frontend. Este package.json nos permite ver algunas de las dependencias instaladas para el desarrollo de la aplicación web.

```

@Injectable({
  providedIn: 'root'
})
export class AuthService {

  private readonly baseUrl: string = environment.baseUrl;
  private http = inject( HttpClient );

  private _currentUser = signal<User|null>(null);
  private _authStatus = signal<AuthStatus>( AuthStatus.checking );

  //! Al mundo exterior
  public currentUser = computed( () => this._currentUser() );
  public authStatus = computed( () => this._authStatus() );

  constructor() {
    this.checkAuthStatus().subscribe();
  }

  private setAuthentication(user: User): boolean {
    this._currentUser.set( user );
    this._authStatus.set( AuthStatus.authenticated );
    localStorage.setItem('user', user.id );
    return true;
  }

  login( email: string, password: string ): Observable<boolean> {
    const url = `${ this.baseUrl }/user/login`;
    const body = { email, password };

    return this.http.post<LoginResponse>( url, body )
      .pipe(
        map( ({ user }) => this.setAuthentication( user )),
        catchError( err => throwError( () => err.error.message ) )
      );
  }
}

```

FRONTEND-SERVICE

fichero con constantes de desarrollo

tipo de variable especial en Angular + 17

son derivadas de signals, se recalculan cuando los signals cambian

guardamos el id del usuario en cache del navegador

• "Signals" => Valores reactivos que, al cambiar, notifican automáticamente a sus dependientes para actualizar la vista

llamada a la API REST

Ilustración 7.4. TypeScript | Fuente: elaboración propia

Este fragmento de código corresponde al servicio de autenticación del Frontend que realiza llamadas a la API del backend.

```
BACKEND - TYPESCRIPT

@Injectable()
export class UserService {

  constructor(
    @InjectModel( User.name )
    private userModel: Model<User>,
  ){}

  async create(createUserDto: CreateUserDto): Promise<User> {
    try {
      const { password, ...userData } = createUserDto
      const newUser = new this.userModel({
        password: bcryptjs.hashSync(password, 10),
        ...userData
      });
      await newUser.save();
      const { password: _, ...user } = newUser.toJSON()
      return user
    } catch (error) {
      if(error.code === 11000){
        if(Object.keys(error.keyPattern)[0] === 'userName'){
          throw new BadRequestException(`${createUserDto.userName} already exists!`)
        }
        else{
          throw new BadRequestException(`${createUserDto.email} already exists!`)
        }
      }
      throw new InternalServerErrorException('Something terrible happen!!!')
    }
  }
}
```

Objeto recibido del frontend
"Data Transfer Object"

encriptación

guardamos el nuevo usuario

¡Ya existe el usuario!

Ilustración 7.5. TypeScript | Fuente: elaboración propia

En este caso se trata del servicio de usuario (tabla) del backend que interactúa con la base de datos.

```

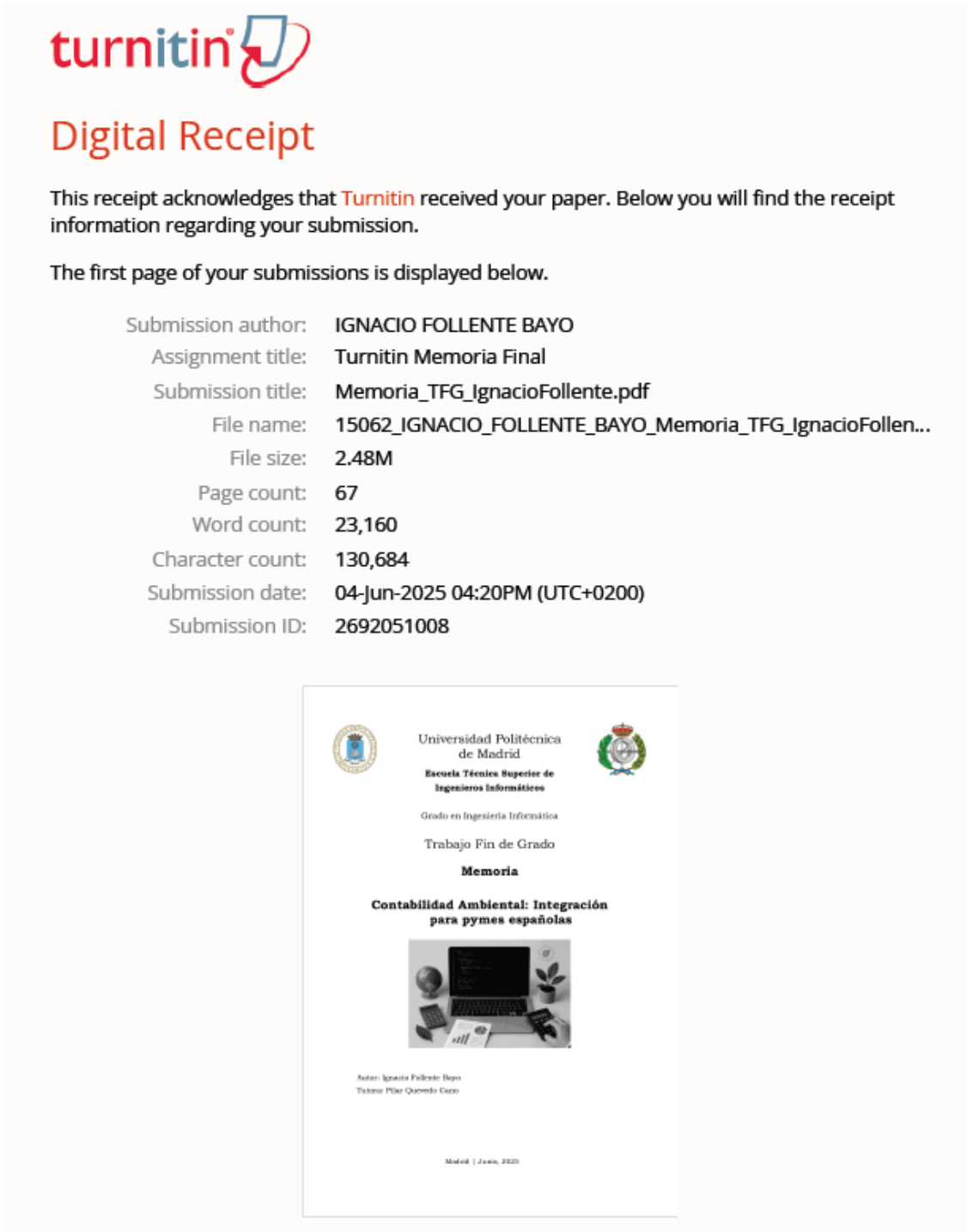
1 @startuml
2 skinparam defaultFontName Arial
3 skinparam backgroundColor #FAFAFA
4 skinparam shadowing false
5 skinparam activity {
6   BackgroundColor #FFFFFF
7   BorderColor #333333
8   FontColor #333333
9   ArrowColor #0066CC
10 }
11
12 title Flujo de datos - Contabilidad Ambiental\n (Versión Desarrollo)
13
14 start
15 :Pantalla Login;
16 repeat
17   :Inicio de sesión / Registro;
18   repeat while (¿Datos válidos?) is (No)
19   -> Si;
20   note left
21     Email + contraseña
22   end note
23
24   :Captura de consumos
25   • Electricidad (kWh)
26   • Agua (m³)
27   • Combustibles (l / kWh)
28   • Periodo (mm/aaaa);
29   note right
30     Validación reactiva
31     (rango numérico, campos oblig.)
32   end note
33
34   repeat
35     :Validación de datos;
36     repeat while (¿Datos válidos?) is (No)
37     -> Si;
38
39
40   partition Back-end Node {
41     :Localizar usuario;
42     :Obtener factores;
43     :Obtener precio CO2;
44   }
45
46   partition Front-end Angular {
47     :Calcular tCO2 y coste €;
48     :Guardar registro en Mongo;
49     :Devolver JSON { tCO2, coste € };
50     :Mostrar dashboard
51     • Tarjetas consumo, tCO2, €
52     • Gráfico histórico
53     | (GET /api/impacts);
54     :Botón **Exportar CSV**
55     :Botón **Generar PDF**
56     (metodología + resultados);
57   }
58
59 stop
60 @enduml

```

Ilustración 7.6. Código PlantUML | Fuente: elaboración propia

Esto es el código completo de PlantUML, utilizado para realizar el Flujo de datos [22].

7.2 Informe de originalidad de “Turnitin”



The image shows a Turnitin Digital Receipt. At the top left is the Turnitin logo. Below it, the text "Digital Receipt" is displayed in a large, bold, orange font. A paragraph of text explains that the receipt acknowledges the submission of a paper and that the first page of the submission is displayed below. A list of submission details follows, including author, assignment title, submission title, file name, file size, page count, word count, character count, submission date, and submission ID. Below the text is a thumbnail of the first page of the submitted document, which is a cover page for a thesis. The cover page includes the logos of the Universidad Politécnica de Madrid and the Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos, the degree title "Grado en Ingeniería Informática", the type of work "Trabajo Fin de Grado", the subject "Memoria", and the title "Contabilidad Ambiental: Integración para pymes españolas". It also features an image of a desk with a laptop, a globe, and a plant, and the author's name "Autor: Ignacio Follente Bayo" and the tutor's name "Tutor: Pilar Quereda Cazo". The date "Madrid | Junio, 2020" is printed at the bottom.


turnitin

Digital Receipt

This receipt acknowledges that **Turnitin** received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: **IGNACIO FOLLENTE BAYO**
Assignment title: **Turnitin Memoria Final**
Submission title: **Memoria_TFG_IgnacioFollente.pdf**
File name: **15062_IGNACIO_FOLLENTE_BAYO_Memoria_TFG_IgnacioFollen...**
File size: **2.48M**
Page count: **67**
Word count: **23,160**
Character count: **130,684**
Submission date: **04-Jun-2025 04:20PM (UTC+0200)**
Submission ID: **2692051008**



Universidad Politécnica de Madrid
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos
Grado en Ingeniería Informática
Trabajo Fin de Grado
Memoria
Contabilidad Ambiental: Integración para pymes españolas




Autor: Ignacio Follente Bayo
Tutor: Pilar Quereda Cazo

Madrid | Junio, 2020

Ilustración 7.7. Recibo Turnitin | Fuente: Turnitin

IGNACIO FOLLENTE BAYO

Memoria_TFG_IgnacioFollente.pdf

-  Turnitin Memoria Final
-  TFG ETSIINF (Moodle PP)
-  Universidad Politecnica de Madrid

Document Details

Submission ID

trn:oid:::1:3268540641

Submission Date

Jun 4, 2025, 4:20 PM GMT+2

Download Date

Jun 4, 2025, 5:33 PM GMT+2

File Name

15062_IGNACIO_FOLLENTE_BAYO_Memoria_TFG_IgnacioFollente_83714_1232855667.pdf

File Size

2.5 MB

67 Pages

23,160 Words

130,684 Characters

3% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text

Exclusions

- ▶ 1 Excluded Source

Top Sources





- 0%  Internet sources
- 0%  Publications
- 3%  Submitted works (Student Papers)

Ilustración 7.8. Porcentaje de Similitud | Fuente: Turnitin

Este documento esta firmado por



Firmante	CN=tfgm.fi.upm.es, OU=CCFI, O=ETS Ingenieros Informaticos - UPM, C=ES
Fecha/Hora	Wed Jun 04 18:07:59 CEST 2025
Emisor del Certificado	EMAILADDRESS=camanager@etsiinf.upm.es, CN=CA ETS Ingenieros Informaticos, O=ETS Ingenieros Informaticos - UPM, C=ES
Numero de Serie	561
Metodo	urn:adobe.com:Adobe.PPKLite:adbe.pkcs7.sha1 (Adobe Signature)