

Universidad Nacional de La Plata

Facultad de Ciencias Económicas

Maestría en Dirección de
Empresas

Trabajo Final de Maestría

Tesista:

Miguel Catucci

Contenido

1. Introducción	4
2. Presentación del Caso	7
2.1. Descripción de Julasoft.....	7
2.2. Infraestructura tecnológica actual.....	7
2.3. Medición y reducción de las emisiones de carbono equivalente	8
3. Definición de objetivos.....	15
3.1. Objetivo general	15
3.2. Objetivos específicos	15
3.3. Metas cuantitativas de reducción de emisiones de carbono equivalente..	15
3.4. Indicadores de desempeño.....	16
4. Conceptos teóricos	17
4.1. Sostenibilidad y gestión ambiental	17
4.2. Técnicas de medición de huella de carbono equivalente	21
4.3. Modelos de gestión de emisiones de carbono equivalente	24
5. Diagnóstico de la problemática	26
5.1. Pacto Global Red Argentina.....	26
5.2. Análisis de la infraestructura y operaciones de Julasoft	32
5.3. Estimaciones de consumo energético	32
5.4. Estimaciones de emisiones de carbono equivalente	33
5.5. Identificación de áreas de mejora.....	33
5.6. Identificación de recursos en la nube para su optimización	33
5.7. Eficiencia energética en el trabajo remoto	34
5.8. Resumen del diagnóstico.....	35
6. Propuesta de intervención.....	37
6.1. Plan de acción para implementar la herramienta de software Green	37
6.1.1. Planificación y definición del alcance	37
6.1.2. Desarrollo del software e integración de herramientas.....	41
6.1.3. Medir el consumo de energía	45
6.1.4. Calcular las emisiones incorporadas y no incorporadas	46
6.1.5. Implementar estrategias de reducción	48
6.2. Estrategias para optimizar el uso de la herramienta.....	50
6.3. Cronograma de implementación y asignación de responsabilidades ...	50
6.4. Medidas para evaluar el impacto y efectividad de la intervención.....	54

7. Conclusiones	58
8. Referencias bibliográficas	60

Plan de intervención para la herramienta de software Green en Julasoft

1. Introducción

En la actualidad, la sostenibilidad y la gestión ambiental se han convertido en aspectos sumamente importantes para las empresas de tecnología, debido a la creciente conciencia del impacto negativo de la industria sobre el ambiente y la demanda de transparencia y responsabilidad por parte de los clientes y de los organismos internacionales.

Julasoft es una pyme innovadora dedicada al desarrollo de soluciones de software que reconoce la importancia de minimizar su huella de carbono y busca contribuir activamente al cuidado del medio ambiente. Con la realización de la herramienta de software Green la empresa busca, no solo optimizar las operaciones y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del uso de los servidores y bases de datos que conforman la infraestructura en la nube¹ y el trabajo remoto, sino también ofrecer una solución innovadora que pueda ser comercializada a otras empresas y organismos. Esta herramienta le permitirá a Julasoft posicionarse como líder en soluciones tecnológicas sostenibles en un mercado competitivo y, a su vez, dará respuesta a las demandas de los clientes y organismos internacionales con los que trabaja.

Al igual que en la fabricación y el uso de cualquier producto como un electrodoméstico o un vehículo, el desarrollo y la utilización de software también produce emisiones contaminantes. Durante el proceso de construcción de software se produce contaminación derivada de su consumo eléctrico y este impacto ambiental continúa durante la vida útil del software a medida que se utiliza. Por todo esto, la aplicación Green tendrá un doble propósito: medir la

¹ Cuando se hace referencia a la nube, se entiende como el “Espacio de almacenamiento y procesamiento de datos y archivos ubicado en internet, al que puede acceder el usuario desde cualquier dispositivo.” (RAE).

contaminación generada durante el proceso de fabricación del software y calcular la contaminación posterior que se produce durante su ejecución. El objetivo es cuantificar ambos tipos de impactos ambientales para proporcionar una visión completa del ciclo de vida del software y pensar en formas de reducir la contaminación que genera su producción.

Por todo lo dicho, con Green se busca promover y popularizar el proceso de medición de la contaminación del software bajo el entendimiento firme de que, al medir el impacto ambiental, se pueden establecer políticas de mejora más efectivas y fomentar prácticas sostenibles en la industria del software. De tal forma, con esta herramienta, se espera optimizar las operaciones internas y también influir en el desarrollo de estándares y políticas que beneficien a toda la comunidad tecnológica. Conjuntamente, esta herramienta tiene el potencial de ser comercializada a otras empresas y organismos que deseen gestionar sus emisiones de carbono equivalente de su infraestructura de software, posicionando a Julasoft como un líder en soluciones tecnológicas sostenibles.

Estudios recientes indican que la huella de carbono de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) van en aumento y podrían representar entre el 1.4% y el 23% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero para 2030, dependiendo de las ganancias en eficiencia y la diversificación de las fuentes de energía (Cowls et al., 2023 pp. 290-291). Por este motivo, se vuelve apremiante aplicar políticas de sostenibilidad en las prácticas empresariales actuales para así reducir el impacto negativo que se genera cuando se elaboran productos de acá a futuro, no solo en Julasoft, sino en la industria en general para revertir el destino negro que los organismos internacionales proyectan.

De tal forma, en el desarrollo de este trabajo se presentará en un comienzo un diagnóstico de la situación actual de Julasoft, identificando las áreas de mejora y proponiendo un plan de intervención para la implementación de la herramienta de software Green. A continuación, se describirán los objetivos específicos del plan de intervención, el marco teórico en el que se basa la estrategia y el plan de acción propuesto. También se presentan las conclusiones

y recomendaciones para futuras mejoras y expansión del uso del software Green.

2. Presentación del Caso

2.1. Descripción de Julasoft

Julasoft S.A. es una empresa argentina con 13 años de experiencia dedicada al desarrollo e implementación de soluciones de software. La empresa se especializa en el desarrollo de programas informáticos para el sector público y privado con exclusividad en proyectos que buscan generar un impacto positivo y sostenible en la sociedad. Julasoft cuenta con un equipo de más de 60 profesionales multidisciplinarios comprometidos con generar software que mejore la calidad de vida de las personas.

Por su parte, la empresa tiene un fuerte compromiso con la sostenibilidad y el medio ambiente descritas en sus políticas de sustentabilidad (Julasoft, 2023). De esta forma, Julasoft adhiere al Pacto Global de Naciones Unidas, que es el acuerdo marco de las Naciones Unidas para empresas que promueve principios universales en áreas como derechos humanos, laborales, medio ambiente y anticorrupción (Kingo, s.f.), a su vez, participa de la iniciativa “Empresas que Cuidan” de UNICEF que reúne empresas comprometidas con la agenda de cuidado y que busca promover prácticas innovadoras en las empresas para su personal en su rol de madres, padres, cuidadoras y cuidadores (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia [UNICEF], 2021) y, además, suscribe a los Principios de Empoderamiento de las Mujeres de Naciones Unidas Mujeres que son el conjunto de principios que promueven la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres en el ámbito laboral (ONU Mujeres, 2011).

2.2. Infraestructura tecnológica actual

Julasoft utiliza mayoritariamente la plataforma de computación en la nube de Amazon Web Services [AWS] para el desarrollo y ejecución de sus proyectos. Esta nube incluye instancias de máquinas virtuales, bases de datos y otros

servicios de pago por uso. Las tecnologías de desarrollo utilizadas incluyen múltiples lenguajes de programación como .NET, Java, PHP, React, Angular, React Native, Android Studio, Python y bases de datos como Oracle, Microsoft SQL Server, MySQL y MongoDB.

2.3. Medición y reducción de las emisiones de carbono equivalente

La necesidad de medir y reducir las emisiones de carbono equivalente se ha vuelto un desafío para las empresas tecnológicas modernas. En particular, Julasoft enfrenta este reto al operar en un entorno remoto y depender en gran medida de la infraestructura en la nube. Esta sección profundiza en los aspectos específicos de esta problemática, explorando las fuentes de emisiones, las metodologías de medición y las estrategias de mitigación, respaldadas por estudios científicos y experiencias de otras industrias.

Básicamente, si se hace referencia a las emisiones o huellas de carbono se habla de la “cantidad de emisiones de GEI (gases de efecto invernadero), representadas en toneladas de carbono equivalente, que son liberadas a la atmósfera” (Pacto Global Red Argentina, 2023, p.4). De esta forma, el trabajo remoto implica que los empleados de Julasoft utilicen sus computadoras personales durante sus jornadas laborales lo que conlleva un consumo energético y, por consiguiente, la emisión de gases de efecto invernadero derivados de la generación de dicha energía. Por otro lado, Julasoft utiliza ampliamente Amazon Web Services para sus operaciones. Aunque AWS manifiesta haber realizado avances significativos en la eficiencia energética y el uso de energías renovables, los centros de datos siguen siendo una fuente considerable de emisiones de carbono (AWS, 2023). Las emisiones de los centros de datos dependen de varios factores, incluidos la ubicación geográfica, la mezcla de energía utilizada y la eficiencia de los equipos.

A continuación, se muestra una gráfica comparativa de la intensidad de carbono de los diferentes centros de datos de AWS según la región donde están establecidos (Lavi, 2022).

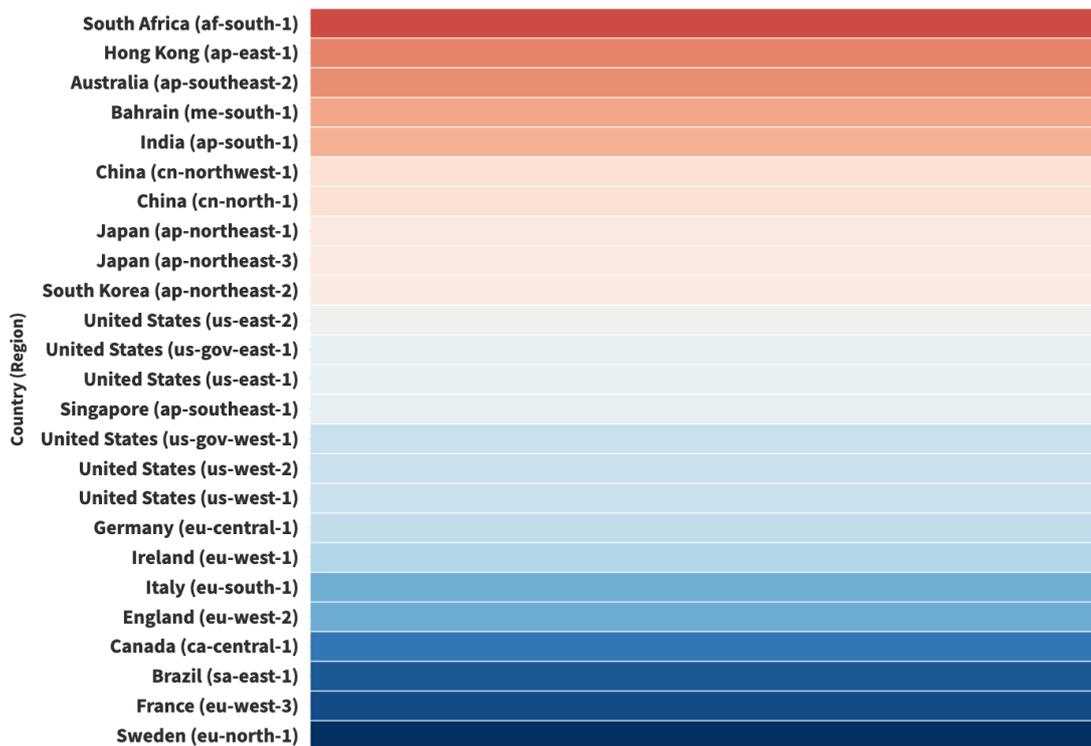
Figura 1

Intensidad de carbono en los centros de datos de AWS

Carbon Intensity of Data Centres

Cloud Provider All AWS GCP Azure

CPU Emission Factor (g of CO2e/h) 0  2.8



Source: [Climatiq.io](https://climatiq.io)
CPU Emission factors via cloudcarbonfootprint.org and OEFDB



 A Flourish heatmap

Nota. Como se puede observar, en distintas zonas del planeta las emisiones son considerables. Adaptado de *Carbon Intensity of Data Centres* de Lavi,

2022a, (<https://www.climatiq.io/blog/measure-greenhouse-gas-emissions-carbon-data-centres-cloud-computing>).

Un estudio de Climatiq indicaba, en 2020, que las emisiones globales de la computación en la nube oscilaban entre el 2,5% y el 3,7% de todas las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero superando así las emisiones de la industria aeronáutica y otras actividades (Lavi, 2022). Según una publicación del World Economic Forum, se espera que estas emisiones se dupliquen para el 2025 (2021).

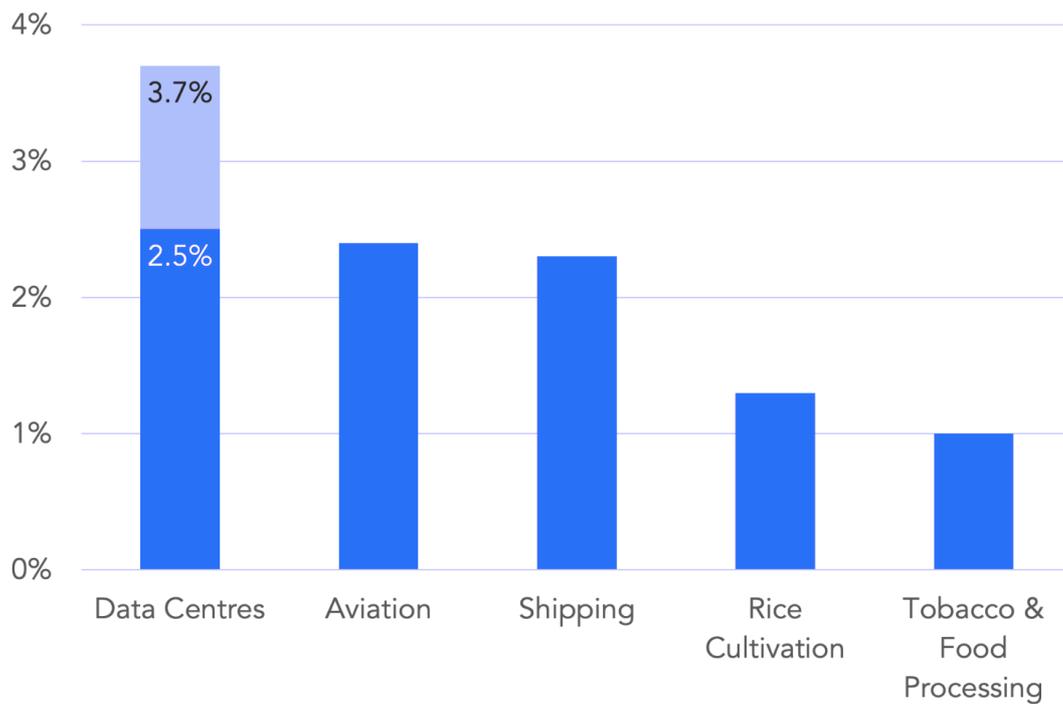
Para Julasoft, esto significa que las emisiones de carbono de su infraestructura en la nube deben ser cuidadosamente monitoreadas y gestionadas para reducir el impacto negativo que tienen sobre el medio ambiente, ya que las empresas que utilizan computación en la nube para sus actividades presentan una gran capacidad de contaminación a pesar de que podría pensarse lo contrario.

En relación con esto, se muestra la comparación de la participación de las emisiones globales de CO2 generadas por sector/categoría.

Figura 2

Comparación de las emisiones globales de CO2 por sector o categoría

Share of global CO₂ emission generated by sector/category



Source: Climatiq Analysis, The Shift Project, OurWorldinData



Nota. Los centros de datos presentan mayores emisiones de CO₂ que las producidas por la industria aeronáutica, naval, cultivos de arroz y el procesamiento de comida y tabaco. Adaptado de *Share of Global CO₂ emission generated by sector/category* de Lavi, 2022b, (<https://www.climatiq.io/blog/measure-greenhouse-gas-emissions-carbon-data-centres-cloud-computing>).

Para medir con precisión las emisiones de carbono, es esencial utilizar herramientas de monitoreo avanzadas. En relación con esto, Cloud Carbon Footprint y WattTime son ejemplos de herramientas que proporcionan datos en tiempo real sobre el consumo de energía y las emisiones de carbono de los

servicios en la nube (World Economic Forum, 2021; Green Software Foundation, 2023b).

Por otra parte, también resulta de gran utilidad para estas actividades, la metodología SCI que fue desarrollada por la Green Software Foundation en 2021 y mide la intensidad de carbono de las aplicaciones de software teniendo en cuenta, tanto las emisiones operacionales, como las incorporadas (Green Software Foundation, 2023b).

Además, deben considerarse las Evaluaciones del Ciclo de Vida (LCA por sus siglas en inglés Life Cycle Assessment) que se presentan como esenciales para comprender el impacto ambiental total de los productos tecnológicos. Un LCA considera todas las etapas del ciclo de vida del producto, desde la extracción de materias primas hasta el desecho final, proporcionando una visión completa del impacto ambiental (ISO 14040:2006, 2006). Estas evaluaciones aportan una información muy importante que, junto con algunas iniciativas fundamentales, ayudan a tomar conciencia y pensar en tácticas empresariales para virar a prácticas más sostenibles. Por ejemplo, una estrategia clave para reducir las emisiones es la optimización del uso de recursos en la nube. Esto incluye la reducción de la sobrecapacidad y la migración a centros de datos que utilicen una mayor proporción de energías renovables. Asimismo, para el trabajo remoto, es esencial fomentar el uso de equipos con alta eficiencia energética. Por otra parte, implementar políticas de ahorro de energía, como apagar dispositivos cuando no están en uso y utilizar configuraciones de ahorro de energía, puede reducir significativamente el consumo de energía y las emisiones asociadas (Boston Consulting Group, 2021).

Se podría afirmar que la sostenibilidad en la industria del software es un área emergente, con relativamente pocos productos y técnicas bien establecidas para medir y reducir las emisiones de carbono. Aunque existen herramientas y metodologías, su adopción todavía está en fases iniciales y muchas empresas están explorando cómo integrar mejor estas soluciones en sus operaciones (Sriraman & Raghunathan, 2023).

Particularmente, la metodología Software Carbon Intensity (SCI) y herramientas de monitoreo específicas para el sector del software aún son recientes y están en etapa de desarrollo. La Green Software Foundation, fundada en 2021 por Accenture, GitHub, Microsoft y ThoughtWorks, en colaboración con la Linux Foundation y la Joint Development Foundation Projects LLC, ha liderado esfuerzos significativos para estandarizar la medición de la huella de carbono del software, pero la adopción generalizada y la implementación de estas metodologías en la industria están todavía en evolución (Green Software Foundation, 2023a).

En este momento, la implementación de soluciones para medir y reducir las emisiones de carbono enfrenta varios desafíos, incluida la falta de datos transparentes y precisos, la complejidad de las cadenas de suministro globales y las barreras técnicas para el intercambio de datos. Estas dificultades son comunes en muchas industrias, pero son particularmente relevantes en la industria tecnológica debido a la rápida evolución y la naturaleza distribuida de sus operaciones (World Economic Forum, 2023; BCG, 2021). De esta forma, es posible encontrar varios ejemplos de grandes empresas que están trabajando en la reducción de su impacto ambiental en la industria del software, pero cuando se busca ejemplos en empresas pequeñas el universo es menor.

Como un caso a imitar, Google ha trabajado para mejorar la eficiencia energética de sus centros de datos, logrando que sean 1.8 veces más eficientes que el promedio de la industria. También han implementado estrategias de diseño de edificios con baja emisión de carbono y reutilización de estructuras existentes, logrando reducir significativamente las emisiones de carbono incorporadas (Google Sustainability, s.f.).

Otro caso es el de Vodafone, que ha reducido sus emisiones en un 26% desde 2017 mediante la implementación de energías renovables y la mejora de la eficiencia energética de sus centros de datos. Además, han utilizado IA para optimizar el uso de energía en su infraestructura pasiva (Tech Monitor, 2023).

Por su parte, la empresa Microsoft, ha adoptado una estrategia agresiva para reducir sus emisiones de carbono, aunque en su totalidad han aumentado debido a su rápido crecimiento. La empresa ha implementado soluciones para mejorar la precisión de sus cálculos de emisiones y ha establecido metas ambiciosas para reducir sus emisiones en los próximos años (Tech Monitor, 2023).

Podemos concluir, que la medición y reducción de las emisiones de carbono equivalente es una tarea compleja, pero esencial para Julasoft. Utilizando herramientas avanzadas de monitoreo, metodologías robustas como la SCI y estrategias de optimización, Julasoft puede abordar eficazmente esta problemática. Estas acciones no solo mejorarán la sostenibilidad de la empresa, sino que también proporcionarán un valor añadido a sus clientes y establecerán un ejemplo a seguir en la industria del software. La novedad del tema y la falta de metodologías y productos bien establecidos subrayan la importancia y el valor de este proyecto innovador.

3. Definición de objetivos

3.1. Objetivo general

Desarrollar e implementar la herramienta Green para medir y reducir las emisiones de carbono equivalente de Julasoft, y ofrecer esta solución a otras empresas y organismos, promoviendo prácticas sostenibles en el desarrollo de software en todo momento.

3.2. Objetivos específicos

1. Medir con precisión las emisiones de carbono equivalente derivadas del uso de la infraestructura en la nube y del trabajo remoto de los empleados de Julasoft e implementar estrategias efectivas para reducir las emisiones de carbono equivalente de la infraestructura tecnológica y las operaciones de la empresa.
2. Proveer a los clientes la posibilidad de medir las emisiones del software en producción utilizando la misma herramienta y proporcionar informes detallados y transparentes a los clientes sobre el impacto ambiental de los proyectos de software contratados.
3. Comercializar el software Green como un producto diferenciador y exclusivo en licitaciones y para otras empresas que deseen gestionar sus emisiones de carbono equivalente en el software ante un panorama empresarial que no presenta este tipo de productos a la venta.

3.3. Metas cuantitativas de reducción de emisiones de carbono equivalente

1. Reducir las emisiones de carbono equivalente de la infraestructura en la nube en un 20% en los primeros dos años mediante la optimización del uso de recursos y la migración a zonas o proveedores de nube más sostenibles.

2. Reducir las emisiones de carbono equivalente por hora trabajada en un 10% en el primer año mediante la implementación de prácticas de eficiencia energética para los empleados que trabajan remotamente.
3. Alcanzar un grado de cobertura del 100% en la medición de las emisiones de carbono equivalente de la infraestructura tecnológicas de Julasoft en el primer año de aplicación del software Green.

3.4. Indicadores de desempeño

1. Grado de cobertura de la medición de las emisiones: porcentaje de la infraestructura tecnológica de Julasoft que serán monitorizadas por el software Green.
2. Porcentaje de descenso de las emisiones por hora de la nube de la empresa: cambio porcentual en las emisiones por hora de uso de la infraestructura en la nube, comparando los valores del primer mes de uso de la herramienta, con los valores del doceavo mes de utilización.

4. Conceptos teóricos

4.1. Sostenibilidad y gestión ambiental

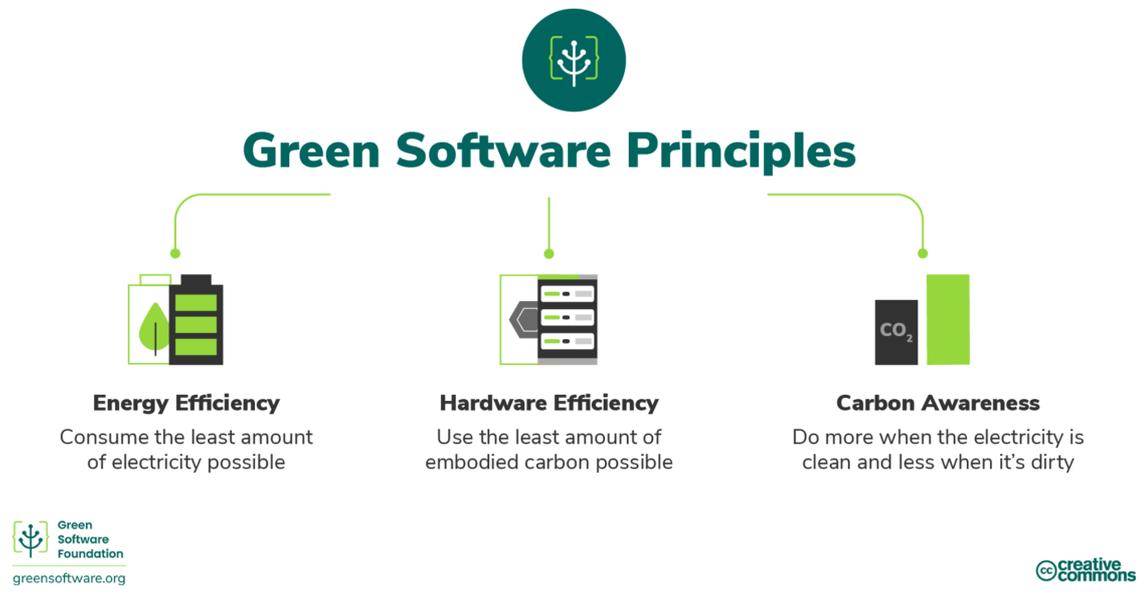
La sostenibilidad en el desarrollo de software se refiere a la creación de un programa informático que minimice el impacto ambiental durante todo su ciclo de vida, desde el desarrollo hasta su uso y desecho. La Green Software Foundation (GSF) ha desarrollado estándares y prácticas para medir y reducir la huella de carbono equivalente de un software y son las que se tendrían en cuenta para el desarrollo del software Green (Green Software Foundation, 2023).

De tal forma, los principios que sostiene la Green Software Foundation para el desarrollo del software son los que cada empresa con conciencia ambiental debería incorporar para dar un paso hacia la sostenibilidad. Entonces, se tomaría como precepto el primer principio de eficiencia energética que refiere que se debe consumir la menor cantidad de electricidad posible. En el segundo principio se consigna que en el desarrollo del hardware que se utilice se haya utilizado la menor cantidad del carbono embebido posible. Y, por último, en el tercer principio se establece que en todo momento se debe tener conciencia de las emisiones de carbono equivalente en el uso eléctrico de los elementos que se utilizan en las prácticas empresariales: “Hacer más cuando la electricidad sea más limpia y hacer menos carga cuando la electricidad sea más sucia.” (Green Software Foundation, 2023a).

En el siguiente gráfico se visualizan los principios que deben regir el desarrollo de software con miras a la sostenibilidad.

Figura 3

Green Software Principles



Nota. Principios del *software green*. Adaptado de *Green Software Principles*, por Green Software Foundation, 2023a. (<https://learn.greensoftware.foundation/introduction>).

De tal forma, una empresa que decida adoptar un software Green, ya sea como desarrollador o aplicándolo en sus prácticas cotidianas, deberá virar hacia un perfil en el que se les dé respuestas a ciertos temas de urgencia ambiental con aplicación efectiva.

Primeramente, a las ya mencionadas en los principios del software Green como la conciencia sobre el carbono emitido y la eficiencia energética; se le deben sumar la eficiencia del hardware por el cual se buscará generar una menor cantidad de carbono incorporado, una medición continua y exhaustiva de la contaminación generada puesto que “lo que no se puede medir no se puede mejorar” (Green Software Foundation, 2023a), y la resolución de efectuar compromisos climáticos por los cuales se aplicarán prácticas conscientes para la reducción del carbono, en todo momento (Green Software Foundation, 2023a).

A su vez, se empleará una metodología destacada y de renombre como es la Software Carbon Intensity (SCI), que mide la intensidad de carbono equivalente de las aplicaciones de software para promover decisiones más informadas y sostenibles (Green Software Foundation, 2023; NTT DATA Corporation, 2021). Esta metodología toma en consideración que cualquier tecnología informática produce emisiones de carbono a través del hardware que utiliza por la energía que consume el hardware físico, como también, por las emisiones asociadas con la fabricación de ese mismo hardware y, en menor medida, por su disposición final. Teniendo en cuenta estos hechos, los usuarios y desarrolladores deben estar informados sobre las herramientas, enfoques y servicios que deben utilizarse para adoptar un perfil sostenible y gestionar efectivamente sus prácticas laborales.

De tal manera, para reducir la intensidad de carbono en un software (SCI) deben eliminarse emisiones para aminorar la puntuación de SCI. Algunas formas para disminuir los números de las emisiones consisten en modificar el sistema de software para utilizar menos hardware físico, usar menos energía o incluso consumir fuentes de energía diversificadas que generen menos carbono. Por esto la SCI se plantea como una estrategia eficaz que las empresas pueden incorporar para cumplir con los objetivos de sostenibilidad centradas en la reducción de emisiones (Green Software Foundation, 2023).

Esta metodología bien puede aplicarse en pequeños y grandes entornos, ya que sirve para calcular una puntuación SCI de cualquier aplicación de software como un sistema de nube amplia, hasta una biblioteca virtual de código abierto. Asimismo, el espacio en el que se ejecuta el producto o servicio puede ser variable, es decir, puede medirse la puntuación de computadoras personales, centros privados de datos o una nube hiperescalizada (Green Software Foundation, 2023).

De la misma forma, al desarrollar un software con un perfil sostenible es conveniente hacer uso del marco de capacidad de sostenibilidad del software (SSCF) que es un modelo integral que permite a las organizaciones evaluar y

mejorar su madurez en sostenibilidad del software. Este modelo considera múltiples dimensiones, incluyendo recursos humanos, financieros y energéticos, y proporciona una hoja de ruta para mejorar la madurez en sostenibilidad del software (Green Software Foundation, 2023).

A su vez, adherir al SSCF, es adoptar un enfoque que vincula la calidad del software con la sostenibilidad. Frecuentemente, la sostenibilidad se asocia exclusivamente con el medio ambiente, pero en realidad, abarca dimensiones más amplias como la económica, social y ecológica. El SSCF busca integrar estos aspectos en las prácticas de desarrollo de software, creando aplicaciones que sean económicamente viables, socialmente responsables y ambientalmente conscientes.

De acuerdo con esto, el desarrollo software debe apuntar a la sostenibilidad económica para que el software sea mantenible y escalable a lo largo del tiempo. Esto puede aplicarse mediante la utilización de tecnologías de código abierto lo que puede reducir costos y fomentar mejoras colaborativas impulsadas por la comunidad. Además, es importante que se apunte a la sostenibilidad social al desarrollar un software para que este impacte positivamente en la sociedad. Esto incluye crear aplicaciones inclusivas y accesibles, promover la alfabetización digital y apoyar prácticas laborales justas. En un caso práctico puede observarse al crear aplicaciones que ayuden a personas con discapacidades lo que contribuiría a un entorno digital más inclusivo. Finalmente, debe adherirse a la sostenibilidad ecológica para adoptar este enfoque con solvencia lo que implica minimizar el impacto ambiental del desarrollo de software. Para esto deben utilizarse técnicas como optimizar el código para la eficiencia energética, elegir proveedores de alojamiento ecológicos y reducir los residuos electrónicos contribuyen a este objetivo (Leo, et. al., 2022).

Entonces, para una empresa de desarrollo de software como Julasoft el aplicar principios de sostenibilidad tanto en sus prácticas laborales cotidianas, como en la creación de sus productos, implica que estos principios pasen a

formar parte de su misión y visión de empresa, ya que se adhiere a una forma específica de trabajar en el día a día y marca los pasos a seguir a futuro.

A continuación, se revisará cómo se efectúa efectivamente la medición de huella de carbono equivalente y la técnica para realizarlo.

4.2. Técnicas de medición de huella de carbono equivalente

De tal forma, para ejecutar la medición de la huella de carbono en el sector tecnológico puede utilizarse el Software Carbon Intensity (SCI), que calcula la intensidad de carbono equivalente de un software teniendo en cuenta las emisiones operacionales e incorporadas. La fórmula básica es:

Figura 4

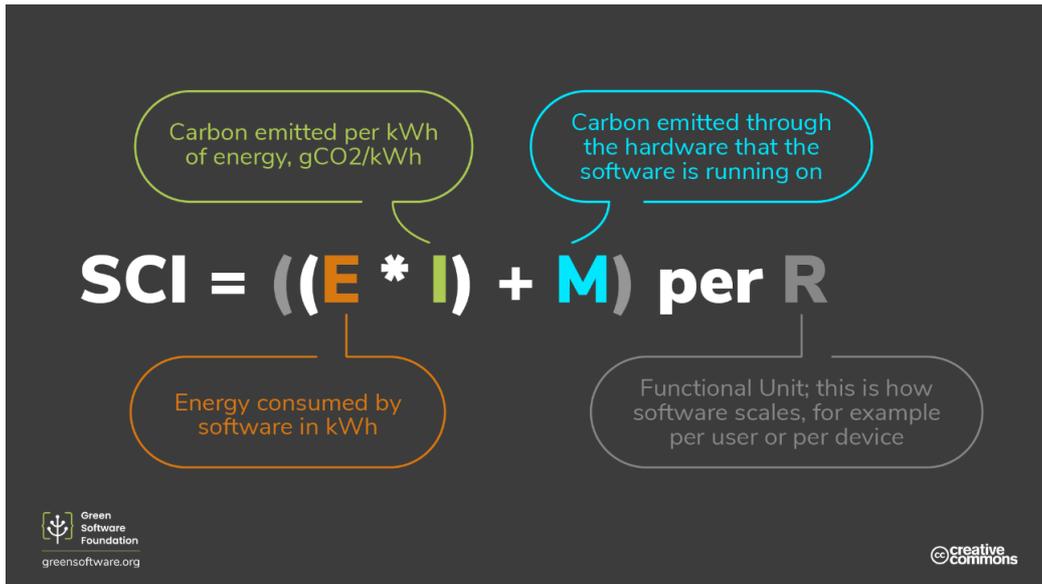
Fórmula básica para calcular la intensidad de carbono de un software

$$SCI = \frac{(E \times I) + M}{R}$$

Nota. Adaptado de *The SCI equation*, por Green Software Foundation, 2023c (<https://learn.greensoftware.foundation/measurement>).

Figura 5

Explicación de la fórmula básica para calcular la intensidad de carbono de un software



Nota. E es la energía consumida, I es la intensidad de carbono equivalente específica de la región, M son las emisiones incorporadas y R es la unidad funcional, como usuarios adicionales o llamadas a la API. Adaptado de *Explanation of SCI equation*, por Green Software Foundation, 2023d (<https://learn.greensoftware.foundation/measurement>).

La fórmula puede explicarse de la siguiente forma:

La Energía Consumida (E) representa la cantidad total de energía utilizada por el software durante su ciclo de vida. Esto incluye la energía necesaria para ejecutar el software, mantener servidores, enfriar centros de datos y más.

La Intensidad de Carbono Equivalente Específica de la Región (I) es una medida que refleja la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (principalmente dióxido de carbono, CO₂) asociadas con la generación de esa energía en una región específica. Diferentes fuentes de energía (como carbón, gas natural, energía hidroeléctrica, etc.) tienen diferentes intensidades de carbono.

Las Emisiones Incorporadas (M) son las emisiones de carbono asociadas con la fabricación, transporte y eliminación de los componentes físicos del software, como servidores, dispositivos y otros equipos.

Por último, la Unidad Funcional representa la medida específica del software. Puede ser el número de usuarios adicionales, llamadas a la API o cualquier otra métrica relevante.

De forma ejemplar, se podría aplicar la fórmula en un caso hipotético al calcular la intensidad de carbono en el desarrollo de una aplicación de redes sociales. Seguidamente se plantean los datos:

- **Energía Consumida (E):** Durante un año, la aplicación consume 5000 kWh de electricidad para mantener los servidores y proporcionar el servicio.
- **Intensidad de Carbono Específica de la Región (I):** En nuestra región, la intensidad de carbono es de 0.5 kg de CO₂ por kWh.
- **Emisiones Incorporadas (M):** La fabricación y transporte de los servidores y dispositivos asociados generan 200 kg de CO₂.
- **Unidad Funcional (R):** La aplicación tiene 100,000 usuarios activos.

Calculamos la intensidad de carbono:

1. **Energía Consumida:**

$E=5000\text{kWh}$

2. **Intensidad de Carbono:**

$I=0.5\text{kg CO}_2/\text{kWh}$

3. **Emisiones Incorporadas:**

$M=200\text{kg CO}_2$

4. Unidad Funcional:

R=100,000usuarios

Aplicamos la fórmula:

Intensidad de Carbono= $(5000 \cdot 0.5) + (200 \cdot 100,000) = 2500 + 20,000,000 = 20,002,500 \text{kg CO}_2$

Por lo tanto, la intensidad de carbono de la aplicación de redes sociales es de aproximadamente 20,002,500 kg de CO₂ al año.

De tal forma, que una empresa conozca este número ayudaría a comparar mediciones para luego aplicar políticas y disminuir las emisiones contaminantes. Por esto, se constituye en una información relevante para cualquier empresa con perfil sostenible.

4.3. Modelos de gestión de emisiones de carbono equivalente

Aparte de los casos mencionados previamente, otras empresas han implementado con éxito modelos de gestión de emisiones de carbono equivalente. Por ejemplo, Accenture, empresa global de consultoría y servicios tecnológicos, utiliza la especificación SCI para monitorizar y reducir las emisiones de sus aplicaciones de software. La empresa ha integrado herramientas de monitoreo en sus servicios de computación en la nube y utiliza datos de consumo energético y factores de emisión regionales para calcular y optimizar su huella de carbono equivalente (Accenture, 2023).

El caso de BBVA también es relevante. Esta entidad financiera ha introducido una solución integral basada en la nube para la gestión automatizada de sus datos de sostenibilidad, utilizando la herramienta Net Zero Cloud de Salesforce. Esta plataforma permite medir la huella de carbono equivalente, monitorizar las reducciones de emisiones y gestionar los datos ambientales de manera integrada. BBVA ha logrado simplificar y automatizar la entrada de datos

y los cálculos, proporcionando análisis detallados y alertas sobre indicadores clave, permitiendo decisiones más ágiles en su estrategia de sostenibilidad (NTT DATA, 2022).

Estos ejemplos servirán de modelo para que Julasoft pueda diseñar su propio software que contribuya a medir las emisiones de carbono que genera su producción y considerar una consecuente reducción de estas a partir de su análisis.

5. Diagnóstico de la problemática

5.1. Pacto Global Red Argentina

Julasoft recientemente se ha adherido a la Red de Argentina del Pacto Global prefigurado por Naciones Unidas. Esta iniciativa incita al sector empresarial a asumir como propios 10 principios universales destinados a abordar desafíos para el planeta y la humanidad hasta el 2030 (Pacto Global Argentina, s.f.).

Entre los puntos descritos en el Pacto Global aparece el compromiso por una gestión de la sostenibilidad alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Entre los principios que enumera la ONU se encuentran los referidos al medio ambiente:

Principio 7: las empresas deberían apoyar un planteamiento preventivo con respecto a los desafíos ambientales.

Principio 8: las empresas deberían llevar a cabo iniciativas para fomentar una mayor responsabilidad ambiental.

Principio 9: las empresas deberían promover el desarrollo y la difusión de tecnologías respetuosas con el medio ambiente. (Kingo, s.f.).

Como se observa, la adherencia a este pacto implica orientar la empresa hacia la sostenibilidad y asumir un compromiso con el medio ambiente, incorporando una serie de prácticas que reduzcan la contaminación y las emisiones de carbono.

De tal forma, se espera que las empresas puedan incorporar herramientas de autoevaluación que les sirvan para conocer el estado de la gestión de la sostenibilidad y aseguren la comunicación sobre el progreso en la

implementación de los principios del pacto², promoviendo la transparencia y la responsabilidad. Por último, las empresas participantes deben dar difusión y servir de promotores de los principios del Pacto Global para esparcir la idea de que este compromiso contribuirá a construir un mundo mejor con respeto por el medio ambiente. Por esto, el compromiso de Julasoft hacia un camino de sostenibilidad es tangible en relación con su adherencia al Pacto Global.

El cambio climático global producido como efecto de las emisiones de carbono derivadas de la acción humana impactan negativamente en la naturaleza y precarizan la seguridad social. A pesar de esto, este tema parece estar apenas explorado y sin determinarse con efectividad (Pacto Global Red Argentina, 2023), por lo que se vuelve apremiante la aplicación de la agenda política y económica para implementar una industria sostenible que ayude a proteger y mejorar los ambientes naturales de las diferentes regiones del mundo.

Ante esto, de acuerdo con el compromiso asumido por el sector empresarial que suscribe a los principios de sostenibilidad de Naciones Unidas, es apremiante tener conocimiento de las emisiones de carbono que genera la industria para gestionar prácticas sostenibles de reducción del impacto de la huella de carbono, por lo cual una herramienta que identifique con especificidad esta información se vuelve valiosa y necesaria.

En una encuesta realizada por Pacto Global Red Argentina a distintas empresas se indagó sobre el compromiso ambiental que ostentaban grandes, medianas y pequeñas empresas de Argentina, junto con el interrogante sobre la implementación de acciones para medir el impacto de huella de carbono en sus prácticas empresariales. Como resultado, solo el 41% de las empresas encuestadas reconoció realizar acciones para medir la huella de carbono, mientras que del 59% restante, únicamente el 44% reconoció que tiene intenciones de acá a futuro de implementar políticas de identificación de las

² Las empresas deben presentar anualmente un informe conocido como Comunicación sobre el Progreso (COP). Este informe debe describir las acciones que han tomado para implementar los diez principios del Pacto Global (Pacto Global Argentina, 2023).

emisiones de carbono ante un 19% que expresó no tener previsto iniciar este tipo de acciones (Pacto Global Red Argentina, 2023, pp. 12-13).

Ante la premura de orientar hacia un panorama que abogue por una práctica empresarial sostenible, la industria tecnológica también debe implementar un modelo de crecimiento que ayude a generar estrategias de cambio hacia la sostenibilidad en el campo digital. Por ese motivo, ONU Comercio y Desarrollo [UNCTAD] desarrolló una serie de recomendaciones que serán de utilidad para orientar el plan de intervención de este trabajo y que incluyen la adopción de modelos de economía circular, la optimización de recursos, el fortalecimiento de regulaciones, la inversión en energías renovables y el fomento de la cooperación internacional (2024).

De tal forma, el cálculo de la huella de carbono de una empresa implica la evaluación de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a través de los tres alcances definidos por el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol). Los alcances 1, 2 y 3 abarcan diferentes fuentes de emisiones que deben ser medidas y reportadas para comprender el impacto ambiental completo de una organización.

El alcance 1 incluye las emisiones directas de GEI provenientes de fuentes que son propiedad o están controladas por la empresa, como la realizada por combustibles en calderas, hornos y vehículos de la empresa, así como las generadas por procesos químicos y físicos y las emisiones fugitivas. Estas son emanaciones que ocurren directamente en las instalaciones de la empresa y son de su total control (GHG Protocol, 2015).

El alcance 2 abarca las emisiones indirectas de GEI derivadas de la generación de electricidad, vapor, calefacción y refrigeración comprados y consumidos por la empresa. Aunque estas no se producen directamente en las instalaciones de la empresa, están asociadas con su consumo de energía y deben ser contabilizadas para obtener una imagen precisa de la huella de

carbono (GHG Protocol, 2015). Para calcularlas, se multiplican los kilovatios-hora (kWh) consumidos por el factor de emisión del proveedor de electricidad.

El alcance 3 incluye todas las demás emisiones indirectas que ocurren en la cadena de valor de la empresa, tanto río arriba como río abajo. Este alcance es el más amplio y abarca una variedad de actividades que no están directamente controladas por la empresa, pero que resultan de sus operaciones, como los viajes de negocios, el transporte y distribución de productos, el uso de productos vendidos y la gestión de residuos generados en operaciones (GHG Protocol, 2015).

Para una empresa desarrolladora de software, las principales áreas de contaminación se encuentran principalmente en los alcances 2 y 3. En el alcance 2, el consumo de electricidad en oficinas, si las hubiere, amplifican significativamente las emisiones, especialmente debido a la iluminación, calefacción, refrigeración y equipos electrónicos utilizados. Sin embargo, en la realidad actual de Julasoft, donde el personal trabaja en modalidad 100% remota, el alcance 3 adquiere una relevancia mayor.

Dentro de este último alcance, el uso de infraestructura en la nube, como AWS, es una fuente significativa de emisiones. Además, el consumo de electricidad por parte de los empleados que trabajan de forma remota es un factor importante por considerar. Cada empleado utiliza sus computadoras y otros dispositivos electrónicos en sus hogares, y este consumo debe ser contabilizado en la huella de carbono de la empresa (Jones & Kammen, 2011).

En este contexto, se presenta como crucial que las empresas desarrolladoras de software que trabajan completamente en remoto prioricen la reducción de la huella de carbono de sus servidores alojados en la nube y promuevan prácticas sostenibles sobre el consumo de energía de sus empleados.

Los centros de datos y los servidores en la nube son componentes esenciales de la infraestructura digital moderna, pero también son responsables

de un consumo significativo de energía. Según el *Digital Economy Report 2024* de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, los centros de datos son altamente electrificados, lo que facilita su descarbonización en comparación con sectores que dependen más del consumo de combustibles fósiles. Sin embargo, la fuente de electricidad utilizada es crítica. Los mayores operadores de centros de datos (entre los que se encuentra AWS) han tratado de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero (GHG) mediante la compra de energía renovable a través de acuerdos de compra de energía (PPA), certificados de energía y generación en el sitio (UNCTAD, 2024, pp. 75-82).

Además, la transición de los centros de datos empresariales ineficientes hacia centros de datos en la nube e hiperescala más eficientes ha contribuido significativamente a las mejoras en la eficiencia energética. Ejecutar aplicaciones en la nube requiere entre un 60% y un 90% menos de energía que utilizar centros de datos locales (UNCTAD, 2024, p. 75). Por lo tanto, una empresa de software que opera de manera remota debería centrarse en garantizar que sus proveedores de servicios en la nube utilicen energía renovable y adopten tecnologías eficientes para reducir su impacto ambiental.

El trabajo remoto ha llevado a un cambio en el consumo energético desde las oficinas centrales hacia los hogares de los empleados. En el *Digital Economy Report 2024* se señala que el uso de tecnologías digitales, como computadoras portátiles, monitores y enrutadores, en un entorno de teletrabajo, acrecientan significativamente al consumo de energía. Aunque este consumo puede parecer pequeño a nivel individual, se acumula rápidamente a nivel de toda la organización (UNCTAD, 2024, p. 73). Como se afirmó anteriormente, para mitigar este impacto, se sugiere que las empresas promuevan prácticas de eficiencia energética entre sus empleados, como el uso de dispositivos energéticamente eficientes y la optimización del uso de energía en el hogar. También las empresas pueden considerar la posibilidad de proporcionar equipos de mayor eficiencia y establecer políticas para la gestión sostenible de la energía en el teletrabajo.

La priorización de la reducción de la huella de carbono de los servidores en la nube y el consumo de energía de los empleados se fundamenta en varios aspectos clave. Los centros de datos y el uso de energía en los hogares representan una parte considerable de las emisiones totales de GHG en el sector de las TIC (UNCTAD, 2024, p. 76). Por lo tanto, se sabe que mejorar la eficiencia energética en estas áreas no solo reduce las emisiones, sino que también puede generar ahorros significativos en costos operativos debido a la reducción del consumo de energía (UNCTAD, 2024, p. 75).

Por su parte, las empresas participen o no del Pacto Global tienen la responsabilidad de minimizar su impacto ambiental ante el oscuro panorama que visualizó Naciones Unidas cuando estableció los 10 Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (Kingo, s.f.). Al centrarse en estas áreas, las empresas de software pueden mejorar su sostenibilidad general y cumplir con los estándares y expectativas ambientales internacionales (UNCTAD, 2024, p. 82).

La gestión eficiente de estos aspectos es crucial para reducir el impacto ambiental de una empresa de software. Implementar prácticas sostenibles, como medir y optimizar el uso de la nube y promover la eficiencia energética entre los empleados remotos, debería ayudar a minimizar la huella de carbono y contribuir a los objetivos globales de sostenibilidad. La evaluación y el reporte precisos de las emisiones a través de los tres alcances proporcionan una base sólida para la toma de decisiones informadas y el desarrollo de estrategias efectivas de mitigación de GEI.

Debido a lo mencionado anteriormente y en el marco de la adherencia al Pacto Global, Julasoft se ve comprometida a desarrollar herramientas para medir sus emisiones de carbono e implementar prácticas sostenibles que evidencien su responsabilidad con el cuidado del medio ambiente.

5.2. Análisis de la infraestructura y operaciones de Julasoft

Para explicar cómo está formada la infraestructura de Julasoft y en qué consisten sus principales operaciones, se debe volver a mencionar que utiliza principalmente los servicios de computación en la nube de Amazon Web Services (AWS) para su infraestructura, incluyendo instancias de máquinas virtuales, alojamiento de datos y bases de datos. Las tecnologías de desarrollo comprenden .NET, Java, PHP, React, Angular, React Native, Android Studio, Python y bases de datos como Oracle, Microsoft SQL Server, MySQL y MongoDB.

La infraestructura en la nube es esencial para las operaciones de Julasoft, pero también representa una fuente significativa de consumo de energía eléctrica y, por ende, de emisiones de carbono derivadas de la generación de dicha energía. La cantidad de emisiones producidas por la generación de energía eléctrica varía según la hora del día y la ubicación geográfica del consumo. Esto se debe a que la red eléctrica se abastece de diversas fuentes de generación, cada una con diferentes niveles de contaminación.

Por ejemplo, la energía producida a partir del carbón y el petróleo tiene un alto grado de emisiones contaminantes, mientras que las fuentes renovables como la solar y la eólica generan una cantidad significativamente menor de emisiones. La energía nuclear, también produce bajas emisiones de carbono en comparación con los combustibles fósiles. Por esta razón, el proceso comienza con la estimación del consumo energético de la infraestructura.

5.3. Estimaciones de consumo energético

- **Computadoras personales:** Suponiendo un consumo promedio de 100-200W por computadora, trabajando 8 horas al día, 20 días al mes, el consumo energético mensual por empleado es de aproximadamente 16-32 kWh. Distintos autores ubican este consumo en 60w (Suárez, 2024), 100w-300w (EPN, 2024) o 50w-200w (Energuide, 2024).

- **Infraestructura en la nube:** El consumo energético de AWS se puede estimar utilizando la herramienta de software Green a desarrollarse en base a software de código abierto Cloud Carbon Footprint, que proporcionará datos sobre las emisiones en función del uso de recursos en la nube.

Posteriormente, esta estimación se contrasta con la información de la composición de la matriz energética correspondiente al lugar y momento específicos del consumo. De esta manera, se puede inferir con mayor precisión el grado de contaminación producido.

5.4. Estimaciones de emisiones de carbono equivalente

- **Computadoras personales:** Utilizando un factor de emisión promedio de 0.5 kg CO₂e/kWh, las emisiones mensuales por computadora son aproximadamente 8-16 kg CO₂e (Energide, 2024).
- **Infraestructura en la nube:** Las emisiones pueden variar según la región y la eficiencia energética de los centros de datos. Herramientas como Electricity Maps (www.electricitymaps.com) y WattTime (www.watttime.org) pueden proporcionar factores de emisión específicos por región para una estimación más precisa.

5.5. Identificación de áreas de mejora

Luego de haber estudiado el consumo energético que genera la empresa y de calcular las emisiones de carbono que se producen, se hace evidente enunciar cuáles son las que se consideran áreas de mejora para dar paso a la siguiente etapa de optimización del uso de recursos y consideraciones esenciales para alcanzar la eficiencia energética en el trabajo remoto.

5.6. Identificación de recursos en la nube para su optimización

Sobrecapacidad

La sobrecapacidad hace referencia al exceso de capacidad energética no utilizada que toda empresa suele tener y que debe ser identificada para su reducción.

Proveedores de nube

En la actualidad, existen proveedores de nube con conciencia verde y que han implementado prácticas sostenibles. En vistas de esto, se identificarán aquellos que utilizan energías renovables y produzcan una huella de carbono reducida. En los pasos siguientes, se preparará la migración para disminuir el impacto negativo de la producción de la empresa sobre el medio ambiente.

Centros de datos

En consecuencia, ante la presencia de proveedores de nube verdes, y en vistas de que el centro de datos que se utiliza en la actualidad puede ser generador de contaminación, se analizarán centros de datos del mismo proveedor de infraestructura en la nube que utilicen en mayor proporción energías renovables y tengan una menor huella de carbono equivalente.

5.7. Eficiencia energética en el trabajo remoto

Revisión de los equipos de trabajo

Las computadoras y dispositivos utilizados en la empresa para el trabajo remoto pueden no ser de gran eficiencia energética por lo que se deberán analizar los equipos para promover su reemplazo por artefactos con mayor eficiencia.

Prácticas de trabajo

En cuanto a las prácticas de trabajo, se identificaron algunas que pueden ser perjudiciales, por lo que se deberán implementar políticas empresariales para apagar dispositivos cuando no se usen y optimizar el uso de energía en el trabajo remoto.

5.8. Resumen del diagnóstico

Por lo expresado en los párrafos precedentes, se puede afirmar que la problemática del impacto ambiental identificada luego del diagnóstico realizado sobre el caso de estudio del presente trabajo final de maestría incide sobre la realidad de Julasoft de la siguiente manera:

- Identificación de emisiones de carbono derivadas de la infraestructura en la nube: se identificó como una fuente significativa de emisiones de carbono en Julasoft el uso intensivo de los servicios de Amazon Web Services (AWS). Estas emisiones están estrechamente relacionadas con la ubicación geográfica de los centros de datos y la composición de la matriz energética utilizada en cada región.
- Consumo energético en el entorno de trabajo remoto: la transición completa hacia un modelo de trabajo remoto ha redistribuido el consumo energético desde las oficinas corporativas hacia los hogares de los empleados, lo que ha añadido complejidad al monitoreo y gestión de la huella de carbono corporativa.
- Ineficiencias en la utilización de recursos en la nube: se ha detectado una sobreasignación de recursos en la infraestructura en la nube, lo que ha llevado a un uso energético mayor al necesario y, consecuentemente, a un incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Falta de herramientas de monitoreo de emisiones integradas: Julasoft actualmente no cuenta con un sistema integral que permita medir y monitorear de forma precisa las emisiones de carbono asociadas a sus operaciones en la nube y al desarrollo de software. Esta limitación afecta la capacidad de la empresa para implementar medidas correctivas efectivas.

Por tanto, y a fin de abordar tal problemática, se proponen una serie de lineamientos de acción a modo de plan de mejora, todo lo cual se expresa en la siguiente sección de este escrito. Este plan está diseñado para optimizar el uso

de los recursos en la nube, fomentar prácticas energéticamente eficientes en el trabajo remoto, y desarrollar e implementar la herramienta Green la cual permitirá a Julasoft no solo medir sus emisiones de carbono con mayor precisión, sino también establecer estrategias claras para su reducción.

Este plan de mejora, en definitiva, no solo busca mitigar el impacto ambiental de Julasoft, sino también posicionar a la empresa como un referente en el desarrollo de soluciones tecnológicas sostenibles, alineándose con las crecientes exigencias del mercado y los compromisos internacionales en materia de sostenibilidad.

6. Propuesta de intervención

6.1. Plan de acción para implementar la herramienta de software

Green

En un comienzo se tomarán como ejemplos a seguir los casos de Accenture y BBVA para su adaptación a Julasoft, con lo cual se seguirán estos pasos:

1. **Planificación y definición del alcance:** incluir todos los componentes relevantes de la infraestructura en la nube y los dispositivos de los empleados.
2. **Desarrollo del software e integración de herramientas:** en la fase de desarrollo se considerará como unidad funcional “las horas de desarrollo”, mientras que para la fase productiva se considerará el “número de usuarios”, “la cantidad de llamadas a la API”, el “tiempo de ejecución” o la unidad más representativa para el software específico.
3. **Medir el consumo de energía:** utilizar el software Green de monitoreo en la nube y revisar los datos de los proveedores de energía.
4. **Calcular las emisiones incorporadas y no incorporadas:** evaluar los datos de las evaluaciones del ciclo de vida de los dispositivos y la infraestructura.
5. **Implementar estrategias de reducción:** generar iniciativas para mejorar la eficiencia energética y optar por fuentes de energía más limpias.

A continuación, se describirá cada una de las etapas mencionadas:

6.1.1. Planificación y definición del alcance

Esta etapa permitirá establecer y consolidar los objetivos y la dirección del proyecto, asegurando que todos los integrantes del equipo comprendan y se comprometan con lo que se espera lograr.

En este primer momento se realizará una definición del alcance del software Green. Esta conceptualización permitirá establecer una comprensión clara entre todas las partes involucradas sobre qué funcionalidades se incluirán y cuáles no. Esto ayudará a establecer expectativas realistas y compartidas. Se incluirá en este boceto el alcance, los requerimientos funcionales y no funcionales del proyecto. Además, se tendrán en cuenta todos los requerimientos en el marco del monitoreo tanto de la nube AWS como del trabajo remoto de los empleados.

De tal forma, se establecerán los límites para visualizar con claridad y previsión el alcance del proyecto, lo que implica definir los objetivos y presentar los resultados específicos que se esperan alcanzar. Este paso fundamental asegura que el proyecto se vaya desarrollando con una meta definida sin desvíos o demoras innecesarias. Al dejar planteado los puntos de llegada se evitan atrasos que podrían traducirse en pérdidas económicas y un uso ineficiente de los recursos asignados.

A su vez, será necesario identificar las limitaciones del proyecto, ya que estas pueden producir dilaciones de tiempo, acrecentamiento del presupuesto y desaprovechamiento de los recursos humanos. Por esto, se revisarán los condicionamientos que pudieran surgir en el proceso de concreción del proyecto en cuanto a lo tecnológico y a las normativas legales que pudieran afectar el desarrollo del software. Este paso asegura que la toma de decisiones se realice considerando un marco real del panorama general que pueda afectar el plan de ejecución y, a su vez, ayuda a priorizar las funcionalidades y a gestionar los recursos de manera eficiente.

Una definición clara de los límites del software también permitirá evitar que el alcance del proyecto se salga de control durante su ejecución. Este es un problema muy común en proyectos de tecnología denominado “scope creep”, donde se agregan funcionalidades no consideradas en un inicio de forma que se producen desvíos del objetivo original del proyecto. Un correcto planteamiento

de los límites asegurará que el plan llegue a su fin dentro de los parámetros previstos y lejos de contratiempos.

Por otro lado, establecer un alcance funcional claro también ayudará a identificar y priorizar las funcionalidades más importantes y prioritarias para un cliente tipo, asegurando que los recursos se encaucen para mejorar los aspectos que proporcionarán una experiencia más satisfactoria al usuario final.

Asimismo, deberá explicitarse mediante un documento una descripción minuciosa de lo que se pretende alcanzar con la concreción del proyecto. En este texto deben detallarse todos los aspectos a desarrollar, incluyendo los puntos de importancia que no pueden ser descartados junto con aquellos pasos de menor relevancia para asegurar un correcto desenvolvimiento del plan de trabajo. En esta fase, también, deberán incluirse los objetivos de mediano y largo plazo junto con la descripción de los resultados esperables. La previsión consciente y una correcta definición de los puntos claves del proyecto ayudarán a gestionar las expectativas y a evitar malentendidos a lo largo del progreso, a su vez, esta documentación sirve como fundamento para que el equipo de trabajo pueda desarrollar el software Green. La construcción de este informe también proporciona una base para la posterior evaluación del software durante las etapas de prueba, garantizando que todas las funcionalidades definidas se implementen en forma correcta y cumplan con los requisitos establecidos. El equipo deberá realizar un sondeo periódico para cerciorarse de que se están siguiendo los pasos planteados en el documento o si efectivamente se registran desvíos considerables que pudieran afectar el desarrollo del software o el cronograma de trabajo.

Para mantener el proyecto en el camino correcto y dentro de los límites establecidos, es fundamental que la comunicación entre el grupo de trabajo sea continua y fluida. Mantener reuniones regulares con el equipo de trabajo permitirá revisar el progreso y ajustar el alcance según sea necesario. Esto, junto con una comunicación directa y clara garantiza que todos los involucrados estén al tanto de las decisiones y cambios en el proyecto; además, crea un ambiente

positivo a través de intercambios valiosos que contribuyan a cumplir con las expectativas que se establecieron al principio.

Para la correcta gestión de la comunicación se establecerá un plan de comunicación claro, que detalle cómo y cuándo se comunican los avances y los problemas que surjan durante la ejecución del proyecto. También este plan establecerá los canales de comunicación, las frecuencia y tipos de reuniones. Dado el hecho de que se está trabajando en un área técnica y comercial con pocas referencias similares y, a fin de contar con mayor flexibilidad y capacidad de adaptación, se utilizarán metodologías de desarrollo ágil para la gestión del proyecto. Las metodologías ágiles son un conjunto de principios y prácticas diseñadas para la gestión de proyectos de software que enfatizan el desarrollo iterativo e incremental, la colaboración continua con el cliente y la capacidad de adaptarse rápidamente a los cambios (Beck et al., 2001; Highsmith, 2002). Este tipo de prácticas son especialmente recomendadas para la gestión de proyectos en los que existe alta incertidumbre sobre el producto final o no existe certeza sobre el mejor camino para alcanzarlo, y en los que la experimentación y la iteración rápida son esenciales para el éxito. Dado que el producto puede cambiar en función del *feedback* de usuarios y clientes, esta es una metodología de trabajo especialmente útil en entornos de cambio rápido.

Si bien, en un entorno de desarrollo ágil se prioriza la entrega de valor continuo por sobre la carga documental excesiva, en esta fase se presentará el “producto backlog”, entre otros documentos, el cual incluye todas las funcionalidades y requisitos priorizados del sistema. Esta lista se caracteriza por su flexibilidad dado que sus partes pueden variar durante la ejecución del proyecto. De la misma forma, cada uno de los ítems del *backlog* debe contar con una descripción clara, junto con una estimación realista de los esfuerzos y criterios de aceptación.

También, es de gran importancia en esta etapa realizar un análisis de los riesgos y posibles problemas que pudieran surgir durante la ejecución del proyecto. Así, a través de una matriz de riesgos que registre eventuales

complicaciones y demoras se establecerán estrategias de mitigación y planes de contingencia para paliar cualquier contingencia o efecto negativo que se presente en el proceso de desarrollo del software Green.

Finalmente, en esta fase también se establecerán las herramientas de gestión de proyecto, su mecánica de uso y los acuerdos sobre su empleo, junto con una revisión en profundidad de los recursos y presupuesto asignados para asegurar la factibilidad de concreción de los objetivos en los tiempos planificados.

De esta forma, al realizar un detallado informe de las etapas a ejecutar, los alcances, sus límites, contrariedades, entre otros aspectos, se podrá resolver con mayor solvencia cualquier contratiempo que afecte el desarrollo del plan de trabajo previamente establecido.

6.1.2. Desarrollo del software e integración de herramientas

En esta etapa, se efectuarán las actividades de diseño de arquitectura del software, el diseño de interfaz, el análisis de requisitos, propiamente el desarrollo, el *testing* y, por último, el despliegue del producto en un ciclo iterativo incremental.

Siguiendo las metodologías ágiles de desarrollo, esta etapa se divide en lo que se denomina *sprints*, cada uno con una duración fija de dos semanas. Cada *sprint* tendrá como objetivo presentar las actividades de desarrollo con el fin de entregar un valor tangible al final de cada periodo.

Por su parte, el equipo de desarrollo trabajará en la ejecución de un conjunto de funcionalidades del *backlog* del software Green, priorizadas según la importancia que revista en la etapa de definición de alcance que se esté transitando y de acuerdo con los objetivos del proyecto.

Si se debe caracterizar esta etapa, se puede sintetizar este proceso de forma sencilla. Primeramente, se considera que la fase de desarrollo e

integración de herramientas en un entorno ágil es un proceso dinámico y colaborativo en el que se realiza una entrega continua de valor junto con una adaptación rápida a los cambios y la mejora constante del producto que se está desarrollando.

En cuanto al diseño de arquitectura del software, el mismo estará centrado en la definición de la estructura del sistema, en el que se establecerán los componentes principales, sus interacciones y las tecnologías que se utilizarán. Este paso es decisivo para asegurar que el software sea escalable, robusto y perdurable. La arquitectura debe prever el desarrollo incremental y, a la vez, permitir la integración de nuevas funcionalidades sin comprometer la estabilidad del sistema del software Green.

Esta etapa hará foco en la experiencia del usuario y colocará su opinión y la usabilidad del producto en el centro del criterio de desarrollo del software. A su vez, el diseño de interfaz se enfocará de la misma forma en la valoración que el usuario hace del uso del programa y la apariencia visual del software. De esta forma, se crean prototipos y maquetas que se ajustan y validan en colaboración con los *stakeholders* para asegurar que la interfaz sea intuitiva, atractiva y funcional.

A continuación, se realizará el análisis de los requisitos. Esta etapa se presenta como una actividad continua donde se detallan las funcionalidades necesarias para cumplir con los objetivos del proyecto. Para esto, se utilizarán las historias de los sujetos que prueben el software para relevar las necesidades y expectativas tanto de los potenciales clientes como de los usuarios. Esta serie de testimonios proporcionarán una descripción clara de cada funcionalidad y los criterios de aceptación correspondientes. El testeo paulatino y constante de los usuarios actualizará regularmente las consideraciones y valoraciones a medida que el software se va constituyendo para reflejar cualquier cambio en los requisitos o prioridades del cliente.

Se puede afirmar que el *testing* es una parte fundamental del desarrollo ágil ya que con esta práctica infaltable se pueden corregir fallas que pudieran presentarse en el producto. De tal manera, cuando se aplique en el desarrollo de Green se realizarán pruebas automatizadas y manuales para garantizar que el software cumpla con los requisitos especificados. Las pruebas unitarias validarán los componentes individuales, mientras que las pruebas de integración asegurarán que los distintos módulos del sistema funcionen correctamente en conjunto. Luego, se aplicarán las pruebas de aceptación las cuales servirán para verificar que las funcionalidades completas cumplan con los criterios de aceptación de los posibles clientes.

El despliegue del software se realizará de manera continua y automatizada. Para ello se utilizarán herramientas de entrega continua para desplegar el producto en entornos de pruebas y producción. Este proceso automatizado será útil para minimizar el riesgo de errores manuales y asegurará que el software esté siempre preparado para ser desplegado. Entonces, los procedimientos de monitorización y *logging* en la etapa de producción serán fundamentales para detectar y resolver problemas rápidamente, asegurando que el sistema vaya corrigiendo los defectos y alcance un desempeño óptimo.

De esta forma, al terminar cada *sprint*, se realizará una revisión donde el equipo presentará el incremento funcional del producto a los *stakeholders*, para que ellos puedan efectuar una devolución inmediata de la evaluación del software. Esta retroalimentación se utiliza para ajustar y refinar el *backlog* del producto, asegurando que las próximas iteraciones se enfoquen en desarrollar las áreas subsiguientes más importantes. El análisis en retrospectiva del *sprint* permitirá al equipo reflexionar sobre su desempeño, identificar mejoras y planificar acciones para implementar en el próximo *sprint*. En consecuencia, llevar una evaluación continuada en los distintos *sprint* en el desarrollo del software Green generará que se pueda asegurar un destino exitoso en la creación del producto.

Por otra parte, la comunicación continua y efectiva es esencial en este proceso. Así, reuniones diarias breves (*daily stand-ups*) en las que se puedan ir compartiendo actualizaciones del trabajo que se va realizando ayudarán a que el equipo funcione sincronizado y pueda resolver impedimentos rápidamente. La transparencia y la visibilidad del progreso del proyecto se gestionará mediante tableros Kanban, que junto con las reuniones regulares con *stakeholders* asegurarán que todas las partes estén alineadas y mantengan los mismos objetivos y expectativas de trabajo.

En lo que se refiere a la generación de textos para complementar el trabajo de desarrollo del producto, aunque se minimiza la elaboración de documentación excesiva, se mantiene la producción de documentación esencial, como comentarios en el código, manuales de usuario y actas de reuniones. Esta documentación es necesaria para el equipo de trabajo ya que proporciona una base sólida para el desarrollo continuo del producto y facilita el mantenimiento del software.

En cuanto a la aplicación de metodología ágil para el desarrollo del producto, esta se complementa con la conformación de un equipo de trabajo que se organizará como una célula ágil. La misma, está compuesta por un equipo de trabajo compacto y autónomo que trabaja en el marco ágil, y que está diseñado para poder ser flexible y adaptarse a los cambios, garantizando una entrega de valor continua.

La célula de trabajo considerada para este trabajo debe ser un equipo multidisciplinario con perfiles en los que se destaquen especialistas en gestión de proyecto, diseño UX/UI, desarrollo *frontend*, desarrollo *backend*, análisis y *testing*. Esta diversidad permitirá abordar todas las fases del desarrollo con profesionales expertos y en forma integrada.

A su vez, en la conformación de la célula ágil es de suma importancia asegurar la autonomía del equipo de trabajo, lo que le permitirá tomar decisiones de cómo abordar los desafíos del trabajo. Esta autonomía fomentará la

responsabilidad y la apropiación del producto de software que se está desarrollando para que todos los sujetos que forman el equipo de trabajo estén comprometidos con el proyecto y sus prácticas laborales sean consecuentemente productivas.

Finalmente, se puede mencionar que la célula de trabajo utilizará como software base el proyecto *open source* de la Green Software Foundation y lo complementará con desarrollo informático propio lo que ayudará a monitorear el consumo energético de la nube de Amazon Web Services (AWS). A su vez, luego de las definiciones, evaluaciones, asignación de responsabilidades y validaciones correspondientes se integrará este software con otras herramientas y se crearán nuevas herramientas de *reporting* específicas. Por consiguiente, se integrarán al desarrollo del proyecto los productos de software Cloud Carbon Footprint y Whattime que contribuirán a obtener datos precisos para el monitoreo de emisiones según el horario y la región.

6.1.3. Medir el consumo de energía

En esta fase se realizará el despliegue del software en la infraestructura empresarial y se efectuará a la instalación de la herramienta Green en todas las instancias de AWS para proceder a la medición específica del consumo energético.

Para realizar la medición de este proceso, se recopilarán datos sobre el consumo energético para obtener información detallada sobre el uso de energía en diferentes áreas y procesos. Estos datos son esenciales para evaluar el impacto de las medidas de eficiencia energética implementadas posteriormente.

Una vez recopilados los datos, se analizarán para interpretar la información y detectar patrones de consumo, de tal forma, se podrán identificar las áreas de alto consumo energético y posibles ineficiencias. El análisis detallado permitirá comprender cómo y cuándo se consume la energía, lo que es elemental para desarrollar estrategias efectivas de reducción de emisiones

de carbono. Además, este paso revelará datos que podrían servir para la implementación de tecnologías más eficientes y sostenibles.

El siguiente paso implica la integración de los diferentes datos en el software, lo que permitirá la automatización del proceso de medición de emisiones para mejorar la eficiencia del sistema y reducir la posibilidad de errores humanos. Una vez que el software esté desarrollado, se efectuarán pruebas exhaustivas para validar su precisión y funcionalidad lo que ayudará a identificar y corregir fallas o inconsistencias en el sistema.

Cuando el software Green esté instalado en los sistemas de la empresa se procederá a la capacitación del personal en su uso. Para ello se entrenará a los empleados en el uso de la herramienta y se capacitará en prácticas de sostenibilidad. Todos los usuarios deben comprender cómo utilizar el software y cómo interpretar los resultados. La implementación también puede incluir la integración del software con otros sistemas de gestión energética de la empresa para proporcionar una visión integral del consumo de energía y las emisiones de carbono.

Por último, es importante realizar un monitoreo continuo del consumo energético y las emisiones de carbono utilizando el software. Este monitoreo permite evaluar la efectividad de las medidas de eficiencia energética implementadas y realizar ajustes según sea necesario. La revisión continuada también proporciona datos actualizados que pueden ser utilizados para mejorar los modelos y algoritmos del software, asegurando que el sistema se mantenga preciso y relevante a lo largo del tiempo.

6.1.4. Calcular las emisiones incorporadas y no incorporadas

En esta fase se realizará un monitoreo continuo de las emisiones de carbono equivalente generadas por Julasoft y del consumo energético total producido por el uso de la tecnología utilizada.

En una primera instancia, se identificarán todas las fuentes de emisiones incorporadas, que son aquellas generadas durante la producción y el uso de los recursos tecnológicos necesarios para la ejecución de los trabajos en la empresa. Esto, también, incluye las emisiones generadas durante la fabricación y transporte del hardware para el desarrollo del software. Adicionalmente, se identificarán las emisiones no incorporadas, que son aquellas asociadas con el uso de energía eléctrica durante el proceso de construcción y operación del software.

Una vez identificadas las fuentes de este tipo emisiones, se procederá a recopilar los datos específicos sobre el consumo de energía lo que puede implicar la utilización de herramientas y metodologías específicas para medir el consumo de energía de los servidores y otros equipos informáticos.

Luego el equipo de trabajo revisará los datos estimados de las emisiones de carbono monitoreadas. Esto se consigue utilizando factores de emisión, que son aquellos valores que indican la cantidad de CO₂ equivalente emanado por unidad de consumo de energía o material. Los factores de emisión pueden variar según la región y el tipo de energía utilizada, por lo que es importante utilizar valores actualizados y específicos para cada caso. Esta conversión permite cuantificar las emisiones incorporadas en términos de CO₂ equivalente, proporcionando una medida específica del impacto ambiental que producen las prácticas desarrolladas por la empresa.

A partir de haber procedido a recopilar las mediciones y calcular las emisiones, es importante analizar estos datos para identificar las oportunidades de reducción que tendrá Julasoft, una vez concluido toda esta fase. La disminución de la huella de contaminación puede implicar algunos de los pasos mencionados anteriormente como la optimización del uso de energía, la selección de proveedores de hardware con menor huella de carbono, o la implementación de prácticas de desarrollo más sostenibles. Un análisis detallado de las emisiones permitirá desarrollar estrategias efectivas para minimizar el

impacto ambiental del software, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad de la empresa.

Por último, se deberá realizar un monitoreo continuo de las emisiones a lo largo de un año para que los datos recabados sean significativos. Esto implicará revisar y actualizar regularmente los datos y factores de emisión, así como evaluar el impacto de cualquier cambio en el desarrollo o la gestión de prácticas empresariales. El monitoreo continuo permitirá identificar nuevas oportunidades de reducción de emisiones y asegurar que la producción se mantenga alineada con los objetivos de sostenibilidad de la empresa a lo largo del tiempo.

6.1.5. Implementar estrategias de reducción

Como último paso se ajustarán las configuraciones de la infraestructura en la nube con el fin de promover prácticas eficientes y sostenibles en el uso de las computadoras personales.

Para implementar estrategias de reducción de las emisiones de carbono, la empresa deberá ejecutar un proceso integral que comenzará con la identificación de las áreas clave donde se pueden realizar mejoras. Esto implica reconocer las fuentes principales de emisiones de carbono de toda la empresa (que ya se estableció que provendrán de los equipos de trabajo de los empleados puesto que están realizando tareas de *home office*). Una vez identificadas estas áreas, se pueden desarrollar estrategias específicas para reducir las emisiones, como la mejora de la eficiencia energética de los servidores y la reducción del uso de recursos, aludidos anteriormente.

El siguiente paso es la ejecución de tecnologías y prácticas de desarrollo sostenible. Esto puede incluir el uso de herramientas de desarrollo que minimicen el consumo de energía, la adopción de metodologías que promuevan la eficiencia y la colaboración, y la integración de prácticas de codificación verde. Las prácticas sostenibles programadas no solo ayudarán a reducir las emisiones

de carbono, sino que también pueden mejorar la eficiencia y la calidad de los productos creados por Julasoft, así como también, su promoción, ya que potenciales clientes podrían verse seducidos por adquirir tecnología ejecutada con prácticas sustentables.

A continuación, se deberá monitorear y evaluar la efectividad de las estrategias de reducción para lo cual se utilizarán métricas y herramientas de seguimiento para medir el impacto de las prácticas sostenibles implementadas. Los datos recopilados servirán para ajustar y mejorar las estrategias, asegurando que se logren los objetivos de reducción de emisiones.

El capital humano carga con una gran parte de la responsabilidad para efectivizar la disminución de las emanaciones contaminantes, por esto, la capacitación y concientización del equipo de desarrollo se vuelve fundamental. Es importante que todos los miembros del equipo comprendan la importancia de las estrategias de reducción de emisiones y cómo pueden contribuir a su implementación. Esto significa que se deberán realizar talleres de formación, así como la inculcación de una cultura de sostenibilidad dentro del equipo. La participación consciente y comprometida de todos los miembros del equipo asegurará el éxito de las estrategias de reducción de emisiones.

Asimismo, se deberá crear una cadena de concientización sostenible para alcanzar a proveedores y clientes. Seleccionar proveedores con un perfil verde para asegurar que los materiales y servicios utilizados en el desarrollo del software sean sostenibles puede tener un impacto significativo en la reducción de emisiones y, además, promover que otros proveedores apliquen ese tipo de políticas. De la misma forma, involucrar a los clientes en el proceso y promocionar la importancia de la sostenibilidad fomentaría prácticas más responsables y sostenibles en toda la cadena de valor.

Por último, es importante documentar y reportar los resultados de las estrategias de reducción de emisiones. La documentación detallada de los procesos y resultados, no solo es útil para la transparencia y la rendición de

cuentas, sino que también puede servir como referencia para futuras iniciativas de sostenibilidad. Conjuntamente, el reporte de los resultados es un requisito para cumplir con el Pacto Global al que se adhiere Julasoft por lo que también serviría para responder con la información solicitada por este organismo.

6.2. Estrategias para optimizar el uso de la herramienta

Después de haber terminado con las fases del plan de acción para implementar el software Green, se pensarán estrategias para lograr un óptimo uso de la aplicación como la formación continua de los usuarios para asegurar que se comprendan todas las funcionalidades del programa, desde las básicas hasta las avanzadas, y se mantengan actualizados con las últimas mejoras y actualizaciones del software.

De la misma forma, además de los análisis de datos y reportes mencionados en el plan de intervención (que estarán constituidos por informes detallados sobre las emisiones y el consumo energético), también se efectuarán automatizaciones de tareas y se implementarán *scripts* para ajustar los recursos de la nube de acuerdo con la demanda. Por último, se recopilarán opiniones de los usuarios para implementar mejoras continuas en el software.

En la misma línea, fomentar la aplicación de un perfil de sostenibilidad tanto dentro como fuera de la organización es de gran importancia. Ya que al involucrar a los empleados, clientes y proveedores en el proceso de medición y reducción de emisiones a través de programas de concienciación y participación asegurará que todos estén alineados con los objetivos ambientales promovidos por la empresa.

6.3. Cronograma de implementación y asignación de responsabilidades

Se espera que el desarrollo y la implementación del software Green se pueda llevar a cabo en el interín de 12 meses. Por esto, se considera que la

planificación y la definición del alcance del proyecto se ejecutará en el plazo de un mes y el desarrollo del software junto con la integración de las herramientas se producirá en un tiempo de 3 meses.

Después, el despliegue del software en la infraestructura de la empresa y la capacitación del personal se realizará en un bimestre y, finalmente, en los últimos seis meses se monitoreará al funcionamiento de Green para su mejora y optimización.

De esta manera, se espera que, en el plazo de un año, el software pueda ser funcional a la empresa, generándole valor tanto dentro (al monitorear las emisiones de carbono para implementar políticas de reducción), como fuera (al ofrecer a los clientes una herramienta con la que puedan monitorear el impacto ambiental de sus prácticas empresariales y que, a su vez, los invite a un cambio de perfil para generar mejores oportunidades de negocios).

Figura 5

Cronograma del plan de intervención

Etapa	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Planificación y definición del alcance.	■											
Desarrollo del software e integración de herramientas.		■	■	■								
Despliegue en la infraestructura y capacitación del personal.					■	■						
Monitoreo continuo y optimización.							■	■	■	■	■	■

Fuente: Elaboración propia.

Para hacer realidad el software Green se establecerá un equipo de trabajo que estará organizado como célula ágil. La conformación de equipos con la dinámica de célula ágil permite aprovechar el potencial del grupo humano en el que se conjuga tanto la experiencia, como autonomía, y la alta cohesión. Esta dinámica de trabajo permitirá agregar valor incremental en cada ciclo de trabajo y cumplir con los objetivos prefijados en los momentos iniciales.

A continuación, se detallan los roles que conformarán la célula ágil:

- **Project Manager / Scrum Master:** que se ocupará de la coordinación general del proyecto y liderará las ceremonias ágiles. Este será el responsable de la gestión y control del proyecto, lo que incluye definir el seguimiento y administración del *backlog*, alineación con los objetivos y la gestión de los plazos. Esta persona será la responsable de administrar el proyecto en un marco ágil y deberá liderar y garantizar la ejecución de todas las ceremonias. A su vez, estará a cargo de la administración de los recursos y su alineación con los resultados esperados. Además, gestionará los equipos, asignando tareas según las habilidades y experiencia de los miembros, identificará posibles problemas y desarrollará, también, estrategias de mitigación. Adicionalmente, supervisará el presupuesto estimando los costos que lleve cada fase y realizará un seguimiento de los gastos para mantener el proyecto dentro de los límites financieros. Este rol es de suma importancia ya que será el que mantendrá una comunicación abierta con todo el equipo de trabajo y las partes interesadas, proporcionando actualizaciones y respondiendo a consultas. De la misma forma, este profesional será el que reportará periódicamente a la Oficina de gestión de proyectos (PMO) de Julasoft.
- **Stakeholder:** que definirá el alcance del proyecto, estableciendo los objetivos y requisitos que el software debe cumplir. Este profesional identificará y comunicará las restricciones y limitaciones que pueden afectar el desarrollo del producto y, también, ayudará a identificar posibles fallas y a desarrollar estrategias efectivas para resolverlas. De la misma forma, participará activamente en la toma de decisiones clave, asegurando que el proyecto se mantenga alineado con las expectativas y necesidades de los usuarios finales. También, revisará y aprobará los entregables en cada fase del desarrollo para garantizar la calidad del producto final manteniendo, en todo momento, una comunicación constante con el equipo de desarrollo para asegurar que sus informes sean considerados a lo largo del proceso.
- **Desarrolladores backend y frontend:** que se encargarán del desarrollo e implementación del software. Este equipo se encargará de la

codificación y desarrollo del software, asegurándose de que cumpla con los requisitos funcionales y de rendimiento. Se encargarán de la realización de pruebas unitarias para identificar y corregir errores en el software, implementar funcionalidades específicas como algoritmos para calcular emisiones de carbono y colaborarán estrechamente con otros equipos, como DevOps y los profesionales de sostenibilidad, para asegurar que el software cumpla con los estándares y objetivos del proyecto.

- **DevOp:** que realizará la integración y monitoreo de la infraestructura. El DevOps, particularmente, se ocupará de la automatización de procesos, implementando y gestionando herramientas para el desarrollo, pruebas y despliegue del software. Gestionará la infraestructura necesaria para el desarrollo y operación del software, supervisará el rendimiento del software en producción y realizará mantenimiento continuo para asegurar su estabilidad y eficiencia. Además, establecerá y gestionará *pipelines* de integración continua y de entrega continua (CI/CD) para facilitar la unificación y composición rápida de nuevas funcionalidades.
- **Tester:** es el responsable de evaluar y verificar la funcionalidad, usabilidad y rendimiento del software antes de su liberación al *testing*. Su objetivo principal será identificar y reportar errores, inconsistencias y posibles mejoras en el producto. Para su labor, utilizará una variedad de técnicas y herramientas que servirán para realizar pruebas manuales y automatizadas asegurando que el software cumpla con los requisitos especificados y que esto, a su vez, se vea reflejado en las historias de usuarios.
- **Analista:** que será el responsable de recopilar, analizar y documentar los requisitos del software. Este sujeto será quien asegurará que las necesidades y expectativas se traduzcan en especificaciones técnicas claras y detalladas. Su trabajo incluirá la realización de estudios de viabilidad, la producción de modelos de datos y la participación en la planificación del proyecto para garantizar que el software desarrollado cumpla con los objetivos del negocio y los requerimientos técnicos.

- **Diseño UX/UI:** es el responsable en la creación de experiencias de usuario (UX) y la interfaz de usuario (UI) del software. Su trabajo se centrará en diseñar interfaces intuitivas, atractivas y funcionales que faciliten la interacción del usuario con el sistema. de la misma forma, este profesional realizará investigaciones de usuario, creará *wireframes*, prototipos y *mockups*, y colaborará con los desarrolladores para implementar diseños coherentes. Su objetivo primordial será optimizar la usabilidad y la satisfacción del usuario, asegurando que el producto sea accesible y agradable de usar.
- **Profesional de sostenibilidad:** que analizará los datos y generará los eventuales informes. Además, evaluará el impacto ambiental del software, asegurando que cumpla con las normativas y estándares de sostenibilidad. De la misma forma, colaborará con los desarrolladores para definir y priorizar requisitos que minimicen las emisiones de carbono, promoverá prácticas sostenibles dentro del equipo e instruirá a los miembros sobre la importancia de la sostenibilidad. También supervisará las emisiones de carbono informadas por el software y reporta los resultados a las partes interesadas.

6.4. Medidas para evaluar el impacto y efectividad de la intervención

Finalmente, para evaluar el impacto y la efectividad de la intervención se ejecutarán una serie de medidas que servirán para constatar si el proyecto de desarrollo e implementación del software Green fue positivo.

De tal forma, se realizará, en una primera instancia, una medición de las emisiones. Para esto se usarán las herramientas de monitoreo durante el primer mes de la implementación y después de un año de uso. Estas métricas deben incluir la precisión de los datos recopilados, la frecuencia de actualización de los datos y la capacidad del software para integrar datos de múltiples fuentes. La

precisión de los datos es fundamental para asegurar que las mediciones de emisiones sean fiables y representativas de la realidad.

A continuación, se efectuará un análisis de los costos para evaluar el valor asociado con el consumo energético y se monitorearán las reducciones para observar si son las esperadas.

La integración del software con otros sistemas y herramientas de gestión ambiental servirá para evaluar la facilidad y la efectividad del proceso. Esta integración puede proporcionar información sobre la capacidad del software para trabajar en conjunto con otras soluciones tecnológicas y mejorar la eficiencia general de la gestión de emisiones.

Por último, se recopilarán las opiniones de los clientes sobre la utilidad y efectividad de los informes proporcionados. Evaluar la experiencia del usuario mediante encuestas y pruebas de usabilidad puede proporcionar información valiosa sobre cómo los usuarios interactúan con el software y si encuentran dificultades en su uso. La satisfacción del usuario es un indicador de la efectividad del software, ya que un software fácil de usar es más probable que sea adoptado y utilizado de manera consistente.

De tal forma, luego de haber desarrollado el presente trabajo se puede hacer una breve recapitulación sobre algunos conceptos que fueron desarrollados hasta el momento.

En primer lugar, se realizó una descripción de Julasoft como una empresa joven con gran conciencia ambiental que busca desarrollar y ofrecer a sus clientes una herramienta innovadora para promover prácticas empresariales sostenibles.

En consonancia con el perfil que Julasoft pretende desarrollar, el objetivo que persigue este proyecto se basa en la idea de generar un software que contribuya a medir con precisión las emisiones de carbono equivalentes derivadas del uso de la infraestructura en la nube y del trabajo remoto de sus

empleados. De tal forma, estos datos impulsarán la implementación de estrategias efectivas de reducción de las emisiones. Como se describió, Julasoft se impuso una serie de metas para poder reducir el impacto negativo que tienen sus prácticas en el medio ambiente y este proyecto es el inicio de ese camino que se desea recorrer.

Entre los conceptos teóricos que se desarrollaron en el trabajo, se habló de sostenibilidad y gestión ambiental, de los principios de sostenibilidad que rigen el desarrollo de softwares con perfil verde, de las técnicas vigentes de medición de la huella de carbono equivalente y se mencionaron algunos modelos de gestión de emisiones de carbono. Además, se compartieron algunos casos de empresas que implementaron políticas similares lo que significó un gran avance para su desarrollo y para su impacto ambiental.

En el diagnóstico del estado actual del problema a resolver se explicó cómo Julasoft adhirió al Pacto Global de Naciones Unidas para mejorar las políticas empresariales en diferentes ámbitos. En lo relativo al cuidado del medio ambiente, luego de realizar las estimaciones del consumo energético y las emisiones de carbono equivalente, se identificaron las áreas de mejora y los recursos en la nube que deberían ser optimizados. También se pensaron pasos para conseguir eficiencia energética en el trabajo remoto.

Entonces, de tal forma, se constituyó una propuesta de intervención que cuenta con cinco pasos fundamentales. El primero de ellos consiste en la planificación y definición del alcance del proyecto; el segundo en el desarrollo del software junto con la integración de las herramientas; el tercero se refiere a la medición del consumo de la energía; el cuarto busca calcular las emisiones incorporadas y no incorporadas; y el último paso es el de implementar propiamente las estrategias de reducción.

A continuación, se explicaron las estrategias para optimizar el uso de la herramienta, se describió el cronograma de implementación y asignación de

responsabilidades, y las medidas para evaluar el impacto y efectividad de la intervención.

Finalmente, se puede afirmar luego de haber expuesto este trabajo, que el desarrollo y la implementación de este tipo de productos, junto con la elección de tecnología con perfil sostenible contribuyen a concientizar sobre el cuidado ambiental, lo cual se vuelve indispensable pensando en el impacto negativo que tiene el desarrollo industrial en el medio ambiente en este momento. Aplicar políticas sostenibles, desarrollar productos que contribuyan a la preservación natural y poseer una visión empresarial verde es imprescindible frente al alarmante marco de realidad que interroga buscando respuestas.

7. Conclusiones

El compromiso asumido por Julasoft con el Pacto Global Red Argentina implica que la empresa debe asumir una responsabilidad mayor para transitar el camino de la sostenibilidad. De tal forma, en consonancia con esta apuesta, el software Green vendría a completar los primeros pasos hacia ese destino lo que traería grandes beneficios a corto y a largo plazo.

Primeramente, adoptar esta serie de prácticas sostenibles fortalece la responsabilidad social corporativa (RSC) al demostrar un compromiso tangible con el cuidado del medio ambiente. Esto no solo mejora la reputación de la empresa, sino que también atrae a clientes y empleados que valoran las prácticas sostenibles. Asimismo, estar alineado con el Pacto Global asegura que la empresa cumple con las normativas y estándares ambientales, lo que evita posibles sanciones y mejora su posición en el mercado.

De tal forma, el desarrollo de esta herramienta verde traería beneficios no solo para Julasoft, sino también para toda la comunidad. Por consiguiente, con la aplicación de este plan de intervención se espera que el software Green sirva para revisar el impacto negativo que tienen las emisiones de carbono efectuadas por la empresa y modificar las acciones que puedan ser perjudiciales para el planeta.

En correspondencia, el plan detallado de intervención asegura que el desarrollo del software pueda llevarse a cabo de forma efectiva. Luego de su desarrollo se evaluará si el plan fue exitoso al concretarse la reducción de las emisiones de carbono en relación con las metas establecidas. A su vez, se revisará la eficiencia en el uso de recursos en la nube y el trabajo remoto y, por último, se analizarán las opiniones de los clientes y el grado de satisfacción obtenido de acuerdo con el socavamiento de los datos proporcionados por los informes.

Teniendo en cuenta las recomendaciones para las futuras mejoras, se buscará un perfeccionamiento continuo de la aplicación Green incorporando nuevas funcionalidades y mejoras basadas en la devolución de los usuarios. Se pensará en una expansión del proyecto a otras áreas y servicios, y se buscará realizar una promoción de prácticas sostenibles tanto dentro de la empresa como entre los clientes. Desde una perspectiva de mercado, ofrecer un software que ayude a otras empresas a medir y gestionar sus emisiones de carbono puede posicionar a la empresa como líder en soluciones tecnológicas sostenibles. Esta ventaja competitiva abriría nuevas oportunidades de negocio y expandiría la base de clientes.

Finalmente, se hará realidad el potencial de comercialización del software Green, puesto que, como se mencionó, es de gran importancia la implementación de este tipo de herramientas, de acuerdo con los organismos oficiales que así lo impulsan y la actual concientización del impacto negativo que tiene la industria sobre el medio ambiente. En consideración con esto, se hacen visibles grandes oportunidades del mercado para identificar sectores que podrían beneficiarse con este software para expandir el proyecto, acompañado de una estrategia de marketing para promocionar esta herramienta a nivel internacional y expandir el alcance del software Green.

Por todo lo planteado, es evidente que la producción de un software que revise y evidencie las emisiones contaminantes que genera la industria, daría respuesta a las inquietudes que muchas grandes, medianas y pequeñas empresas están atravesando en este momento. Por esta causa, este plan de intervención traería grandes beneficios al sector empresarial y a la comunidad en general, y se configuraría como una historia de éxito que Julasoft podría compartir con otras empresas de desarrollo software, con sus clientes y con los organismos internacionales cuyos preceptos de respeto por el medio ambiente comparte.

Solamente queda agregar, que se vuelve imperioso que el resto del sector empresarial tome conciencia del preocupante panorama que se prefigura sino

se adoptan políticas de sostenibilidad y que está en cada uno, desde el lugar que ocupa en la sociedad, propagar estas ideas. Desde Julasoft, ya se está trabajando para cambiar el futuro.

8. Referencias bibliográficas

Accenture. (2023). How Accenture Implemented the SCI Specification Score to Track Software Emissions. *Green Software Foundation*. <https://greensoftware.foundation>

AWS. (2023). Sustainability in the Cloud. <https://aws.amazon.com/sustainability>

Beck, K., Beedle, M., van Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., & Thomas, D. (2001). *Manifesto for Agile Software Development*. Agile Alliance. Retrieved from <https://agilemanifesto.org/>

Boston Consulting Group. (2021). Measuring emissions accurately: Exhaustively, accurately, and frequently. <https://www.bcg.com/publications/2021/measuring-emissions-accurately>

Cowls, J., Tsamados, A., Taddeo, M. y Floridi, L. (2023). The AI gambit: leveraging artificial intelligence to combat climate change—opportunities, challenges, and recommendations. *AI & Soc* 38, 283–307. <https://doi.org/10.1007/s00146-021-01294-x>

Energide. (2024). How much power does a computer use? And how much CO2 does that represent?. <https://www.energide.be/en/questions-answers/how-much-power-does-a-computer-use-and-how-much-co2-does-that-represent/54/>

EPN. (2024). How much power does the average desktop computer use? <https://epn.org/how-much-power-does-the-average-desktop-computer-use/>

GHG Protocol. (2015). GHG Protocol Scope 2 Guidance. World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development.

Google Sustainability. (s.f.). Operating sustainably. <https://sustainability.google/operating-sustainably/>

- Green Software Foundation. (2023). *Measurement I Learn Green Software*.
<https://learn.greensoftware.foundation>
- Green Software Foundation. (2023a). *Introduction*.
<https://learn.greensoftware.foundation/es/introduction>
- Green Software Foundation. (2023b). *Green Software Principles* [Infografía].
<https://learn.greensoftware.foundation/es/introduction/>
- Green Software Foundation. (2023c). Software Carbon Intensity (SCI) Specification. <https://sci.greensoftware.foundation>
- Green Software Foundation. (2023d). *The SCI equation* [Imagen].
<https://learn.greensoftware.foundation/measurement>
- Green Software Foundation. (2023e). *Explanation of SCI equation* [Imagen].
<https://learn.greensoftware.foundation/measurement>
- Highsmith, J. (2002). *Agile Software Development Ecosystems*. Addison-Wesley Professional.
- ISO 14040:2006. (2006). Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework.
<https://www.iso.org/standard/37456.html>
- Jones, C. M., & Kammen, D. M. (2011). Quantifying Carbon Footprint Reduction Opportunities for U.S. Households and Communities. *Environmental Science & Technology*, 45(9), 4088-4095. DOI: 10.1021/es102221h
<https://doi.org/10.1021/es102221h>
- Julasoft. (2023). *Política de Sustentabilidad 2023*.
<https://www.julasoft.com/politicas-de-sustentabilidad/>
- Kingo, L. (s.f.). *El Pacto Mundial de la ONU: La Búsqueda de Soluciones para Retos Globales*.
<https://www.un.org/es/cr%C3%B3nica-onu/el-pacto-mundial-de-la-onu-la-b%C3%BAsqueda-de-soluciones-para-retos-globales>
- Lavi, H. (2022). Measuring greenhouse gas emissions in data centres: The environmental impact of cloud computing. *Climatiq*.
<https://www.climatiq.io/blog/measure-greenhouse-gas-emissions-carbon-data-centres-cloud-computing>

- Lavi, H. (2022a). *Carbon Intensity of Data Centres* [Gráfico]. <https://www.climatiq.io/blog/measure-greenhouse-gas-emissions-carbon-data-centres-cloud-computing>.
- Lavi, H. (2022b). *Share of Global CO2 emission generated by sector/category* [Gráfico]. <https://www.climatiq.io/blog/measure-greenhouse-gas-emissions-carbon-data-centres-cloud-computing>.
- Leo, R., Salgado, C. H., Sánchez, A., y Peralta, M. (2022). Un modelo de calidad de software con la sostenibilidad como característica transversal. *Libro de actas - XXVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*. pp 332-341. [Documento_completo.pdf \(unlp.edu.ar\)](#)
- NTT DATA Corporation. (2021). GSF develops an alpha version of Software Carbon Intensity, a method for scoring the carbon emissions of software operations. <https://www.nttdata.com>
- NTT DATA. (2022). BBVA introduces a comprehensive cloud-based solution for the automated management of its sustainability data. <https://benelux.nttdata.com/newsfolder/bbva-introduces-a-comprehensive-cloud-based-solution>
- ONU Comercio y Desarrollo. (2024). Estrategias sostenibles y equitativas para mitigar el creciente impacto ambiental de la economía digital. Comunicado de prensa. https://unctad.org/system/files/official-document/der2024_en.pdf
- ONU Mujeres. (2011). *Principios para el empoderamiento de las mujeres: La igualdad es buen negocio*. https://www.pactomundial.org/wp-content/uploads/2017/03/Women-s-Empowerment-Principles_2011_es-pdf.pdf
- Pacto Global Argentina. (2023). *Comunicación de Progreso (CoP): Una nueva forma de reportar el cumplimiento a los diez principios por las empresas participantes de la Red de Pacto Global de Naciones Unidas*. <https://pactoglobal.org.ar/novedades/comunicacion-de-progreso-cop/>
- Pacto Global Argentina. (s.f.). *Uniando empresas por un mundo mejor: nuestra propuesta de valor 2023*. <https://pactoglobal.org.ar/>

- Pacto Global Red Argentina. (2023). *Estudio sobre Huella de Carbono en las empresas*. <http://pactoglobal.org.ar/wp-content/uploads/2023/11/Informe-Huella-de-Carbono-2023-1.pdf>
- Real Academia Española. (s.f.) Nube. En *Diccionario de la Lengua Española*. Recuperado el 13 de julio de 2024 de <https://dle.rae.es/nube>
- Sriraman, G., & Raghunathan, S. (2023). A systems thinking approach to improve sustainability in software engineering: A grounded capability maturity framework. *Sustainability*, 15(11), 8766. <https://doi.org/10.3390/su15118766>
- Suárez, D., Almeida, F. & Blanco, V (2024). Comprehensive analysis of energy efficiency and performance of ARM and RISC-V SoCs. *The Journal of Supercomputing*. 80, 12771–12789. <https://doi.org/10.1007/s11227-024-05946-97>.
- Tech Monitor. (2023). *Tech industry carbon emissions: Is progress being made?* <https://techmonitor.ai/focus/tech-industry-carbon-emissions-progress>
- UNICEF (2021). *UNICEF presenta plataforma digital para que las empresas puedan evaluar y mejorar sus políticas de cuidado*. <https://www.unicef.org/argentina/comunicados-prensa/unicef-presenta-plataforma-digital-para-empresas>
- UNCTAD. (2024). *Digital Economy Report 2024: Shaping an environmentally sustainable and inclusive digital future*. United Nations Conference on Trade and Development.
- World Economic Forum. (2021). *How to reduce your digital carbon footprint*. <https://www.weforum.org/agenda/2021/12/digital-carbon-footprint-how-to-lower-electronics/>