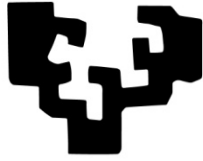


eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

EKONOMIA
ETA ENPRESA
FAKULTATEA
FACULTAD
DE ECONOMÍA
Y EMPRESA

**Cambio climático y huella de carbono.
Cálculo de la huella en la ETS de Arquitectura
de la UPV/EHU**

Trabajo de Fin de Grado

Autor: Alex Izquierdo

Tutora: Verónica Castrillón

Junio 2019

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. DESARROLLO SOSTENIBLE Y CAMBIO CLIMÁTICO	5
2.1. La preocupación por el medio ambiente	5
2.2. El desarrollo sostenible.....	7
2.3. El cambio climático.....	10
2.3.1. Causas y consecuencias del cambio climático	10
2.3.2. Acuerdos internacionales contra el cambio climático....	18
2.3.3. Los mercados de derechos de emisión CO2	20
3. LA HUELLA DE CARBONO.....	24
3.1. Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible	24
3.2. Huella ecológica.....	27
3.3. Huella de carbono: concepto y métodos de cálculo	32
3.3.1. Enfoque de producto	33
3.3.2. Enfoque de organizaciones.....	34
3.3.3. Enfoque mixto a organizaciones y producto	35
3.4. Gestión medioambiental y huella de carbono.....	37
4. CÁLCULO DE LA HUELLA EN LA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO (UPV/EHU)	40
4.1. Definición de límites e identificación de fuentes de emisión	41
4.2. Selección del método de cálculo.....	42
4.3. Recopilación de datos y elección de factores de emisión ..	42
4.3.1. Alcance 1: Emisiones directas	42
4.3.2. Alcance 2: Emisiones indirectas.....	43
4.3.3. Alcance 3: Emisiones indirectas.....	44
4.4. Cálculo de emisiones	47
4.4.1. Alcance 1: Emisiones directas	48
4.4.2. Alcance 2: Emisiones indirectas.....	48
4.4.3. Alcance 3: Otras emisiones indirectas	48
4.5. Resultados.....	49
4.5.1. Resumen de resultados	50
4.5.2. Comparativa resultados 2017 y 2018.....	51

5. CONCLUSIONES.....	52
6. BIBLIOGRAFÍA.....	56
7. ÍNDICE DE GRÁFICOS	58
8. ÍNDICE DE TABLAS.....	58

1. Introducción

Hemos llegado a un punto en el que se observa muy notablemente una mayor sensibilización medioambiental debida a los efectos de la contaminación generada por los procesos productivos y de consumo. La población mundial y el consumo per cápita han experimentado un gran crecimiento en los últimos tiempos, mientras que la capacidad de carga del planeta es la misma. Sus consecuencias sobre el efecto invernadero y el calentamiento global son preocupantes.

Ante la evidencia del cambio climático y sus consecuencias inmediatas y futuras surge la necesidad de desarrollar indicadores que ayuden a evaluar el impacto de los procesos de producción y consumo sobre el deterioro de los recursos o el calentamiento global. En este trabajo vamos a analizar la metodología de Huella de Carbono como indicador fundamental para medir las emisiones de CO₂ de una organización para aplicarla a un centro universitario.

Nos proponemos los siguientes objetivos:

1. Estudiar los orígenes del concepto de desarrollo sostenible.
2. Analizar el problema del cambio climático a lo largo del tiempo: causas, consecuencias y principales acuerdos internacionales y mecanismos adoptados para hacerle frente.
3. Objetivo principal: conocer la metodología de cálculo de la huella de carbono como indicador fundamental para conocer y controlar las emisiones de CO₂ de una organización y utilizar la herramienta para un estudio de caso: el Informe de la Huella de Carbono de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la UPV/EHU del campus de Gipuzkoa.

Para ello, hemos estructurado el trabajo se en dos partes:

1. Una parte teórica que se desarrolla en dos capítulos. En el capítulo 2 se debatirá sobre la cuestión del desarrollo sostenible y el cambio climático, haciendo referencia a los principales acuerdos internacionales adoptados en torno a estas dos cuestiones y a una sus principales herramientas: los mercados de emisión de CO₂, de los que haremos una descripción general. El capítulo 3 está dedicado a los indicadores ambientales y a la descripción de las metodologías de cálculo de la huella ecológica y huella de carbono, siendo esta última la que utilizaremos en el capítulo 4.
2. En el capítulo 4 se estudia un caso práctico en el que calcularemos la Huella de Carbono de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la UPV/EHU del campus de Gipuzkoa en los años 2017 y 2018.

Agradecimientos por facilitar datos para el cálculo:

Estíbaliz Sáez de Cámara, Directora de Sostenibilidad UPV/EHU.

Eduardo Delgado, Técnico de Proyectos, Obras e Instalaciones UPV/EHU.

María José Castro, directora de Arquitectura UPV/EHU.

Servicio Reprografía Arquitectura.

2. Desarrollo sostenible y cambio climático

2.1. La preocupación por el medio ambiente

En la actualidad existe una gran preocupación por el medio ambiente, pero esto no ha sido siempre así. El medio ambiente puede considerarse como sinónimo de entorno natural, físico o biológico que rodea la empresa. La sociedad y las empresas realizamos actividades que suponen un impacto en el medio ambiente y, además, gran parte de esos impactos son negativos.

Tras la Primera Revolución Industrial (1760) aumenta la producción en masa y se comienza a consumir gran cantidad de energía y recursos naturales, que conlleva un aumento de los residuos. En esta época la naturaleza es capaz de compensar el impacto de las actividades sociales y empresariales, lo cual no supone una amenaza directa. Eran conscientes de que tenían recursos limitados y demás, se consideraba que la naturaleza estaba al servicio del capital, lo cual era un error y más adelante sufrirían las consecuencias de esas ignorancias y esa falta de implicación con el cuidado del medio ambiente y sus futuras alteraciones. (Claver, 2011)

Tras la Segunda Guerra Mundial y hasta los años 70, nos situamos en una época caracterizada por la reconstrucción de las economías tras la guerra. Es una época de gran innovación tecnológica, fuerte crecimiento económico y elevadas tasas de crecimiento de la población, Whitelaw dice que en este periodo la mecanización de la producción, empieza a tener un impacto negativo en la naturaleza. Se produce una gran presión sobre la naturaleza, que comienza a no ser capaz de soportar el impacto de la actividad, por lo que se puede decir que el crecimiento económico se produce a costa del entorno natural. Se considera que las actividades dedicadas a proteger el medio ambiente son freno para el crecimiento económico, que se relaciona con el bienestar social. (Claver, 2011)

A partir de 1968 la Organización de las Naciones Unidas resuelve que el bienestar social se relaciona con la salud, y por primera vez con el medio ambiente, y a su vez, se rompe con una de las creencias principales hasta la época, aquella que sostiene que los recursos naturales son ilimitados y

que la naturaleza es capaz de neutralizar el impacto negativo de la actividad en el medio natural. Todo esto hará que la población abra los ojos y sea consciente de que el medio ambiente forma parte de su bienestar, que es muy importante para poder seguir adelante en un futuro, que tienen que cuidar el entorno teniendo en cuenta que ciertos recursos son limitados y que todo ello también tiene su efecto en la salud de la gente.

En el periodo 1972-1987, los problemas medioambientales comienzan a ser evidentes, como demuestra el hallazgo del agujero de la Capa de Ozono descubierto en 1983 o el accidente de la Central Nuclear de Chernobyl (Ucrania) en 1986. La situación de deterioro ecológico y agotamiento de los recursos naturales consecuencia del modelo de crecimiento económico adquirido favoreció a concienciarnos sobre el grave impacto que estaba teniendo en la naturaleza.

En 1972 se produce la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano en Estocolmo, en la que se proclama que la protección y mejora del Medio Ambiente es una cuestión de gran importancia que afecta al bienestar de la población, además se considera que el capital natural es cada vez más escaso y está sujeto a límites físicos y que los problemas medioambientales responden a realidades nacionales diferentes según el grado de desarrollo de los países. (Bermejo et al., 2010)

En el año 1972 el Club de Roma publica "Los límites del crecimiento (Meadows et al., 1972) también conocido como *Informe Meadows*. En él que se proponía un crecimiento cero para los países industrializados, la propuesta atentaba contra el principio del sistema económico capitalista, fue muy atacado por algunos economistas aun sabiendo que no era viable, si se mantenía la serie de incrementos de consumo que venían dando en la onda de expansión económica. Por ello surgió el debate de que la población y la producción globales no pueden crecer indefinidamente y establecen la necesidad de encontrar un equilibrio que permita sostener un nivel dado de población en condiciones naturales estables. Aun así, los que apoyaban el sistema capitalista, intentaron diluir el concepto de desarrollo sostenible o bien confiar a la tecnología la salida a esta problemática que se viene dando. (Bermejo et al., 2010)

Más tarde se irían desarrollando teorías de sostenibilidad entre las que se encuentra la teoría de la desmaterialización, de la que más tarde haremos una crítica y hablaremos de ella.

En el año 1973 la Comunidad Económica Europea, hoy conocida como Unión Europea propone un programa de acción basado en tres principios básicos:

- Acción correlativa. Inversión en tecnologías que reduzcan los impactos medioambientales.
- Corrección en la fuente. Las tecnologías deben emplearse desde el comienzo del proceso productivo.
- Quien contamina paga. Empresas y particulares deben asumir el coste de sus impactos medioambientales.

2.2. El desarrollo sostenible

La toma de conciencia, especialmente desde la década de 1970, de los límites materiales sobre los que se ha sostenido el crecimiento económico, abrió uno de los debates más importantes del S XX: el de los límites del crecimiento o el de si es posible mantener dicho crecimiento sobre la base de un consumo de recursos naturales cada vez más deteriorado.

En el año 1987 se publica “Nuestro Futuro Común o Informe Brundtland”, (Gro Harlem Brundtland et al, 1987). En el “Informe Brundtland”, elaborado para la ONU por una comisión encabezada por la doctora Gro Harlem Brundtland, se introduce por primera vez el concepto de Desarrollo Sostenible entendido como aquel “que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. (Bermejo et al., 2010)

El concepto de desarrollo sostenible se refiere a la satisfacción de las necesidades primarias, que no están satisfechas para la mayoría de la población (principalmente en los países en desarrollo), por lo que resulta necesario crecer.

Como expresa el informe Brundtland, la satisfacción de las necesidades

esenciales depende en parte de la realización del potencial de crecimiento. Pero el crecimiento no basta, es solo una “parte” de la solución, la económica. Por otro lado, se presentan dos limitaciones que se refieren al “estado de la tecnología” (el insuficiente desarrollo tecnológico) y a la dimensión social: la necesidad de superar las lacras de “la organización social” que se caracterizan por un reparto de rentas enormemente desigual. Ambas limitaciones deben ser superadas con el fin de mantener la capacidad del medio ambiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras. (Bermejo et al., 2010)

De los límites de los recursos naturales surgen 3 reglas:

- Los recursos renovables no deberán ser utilizados a un ritmo superior al de su generación.
- Los recursos contaminantes no deberán producirse a un ritmo superior al que pueda ser reciclado, neutralizado o absorbido por el medio ambiente.
- Los recursos no renovables no deberán utilizarse a mayor velocidad de la necesaria para sustituirlo por un recurso renovable.

La situación exige la identificación de la sostenibilidad desde el punto de vista económico, cuáles son las recomendaciones para atenderlo y cuáles son sus limitaciones. En 1992 Robert M. Solow señaló que debemos definir lo que queremos conservar, concretando en algo el genérico enunciado del Informe de la Comisión Brundtland arriba mencionado. Para Solow: “lo que debe ser conservado es el valor del stock de capital (incluyendo el capital natural) con el que cuenta la sociedad, que es lo que otorgaría a las generaciones futuras la posibilidad de seguir produciendo bienestar económico en igual situación que la actual”. (Solow, 1992)

El problema consiste en lograr una valoración que se estime adecuadamente completa y acertada del stock de capital y del deterioro ocasionado en el mismo, por otro lado, en asegurar que el valor de la inversión que engrosa anualmente ese stock cubra, al menos, la valoración anual de su deterioro. El tratamiento del tema de la sostenibilidad en términos de inversión, explica que se haya extendido entre los economistas la idea de que el problema ambiental encontrará solución más fácil cuando la producción y la renta se sitúen

por encima de ciertos niveles que permitan aumentar sensiblemente las inversiones en mejoras ambientales. Como explica también la recomendación a los países pobres de anteponer el crecimiento económico a las preocupaciones ambientales, para lograr cuanto antes los niveles de renta que, se supone, les permitirán resolver mejor su problemática ambiental. (Gro Harlem Brundtlan et al., 1987)

En los años 80 se extendió en el Bloque del Este europeo la preocupación por los impactos ambientales y la escasez de recursos, insistiéndose en el objetivo de crecer sin aumentar el consumo de recursos (desarrollo intensivo), frente a la tendencia del pasado de crecer aumentándolo (desarrollo extensivo). (Gro Harlem Brundtlan et al., 1987)

La I Cumbre de la Tierra en Rio de Janeiro en 1992 tuvo como objetivo el establecimiento de un compromiso internacional hacia la consecución de un desarrollo sostenible y proponen la Agenda 21. A esta cumbre la sucedieron las cumbres de Nueva York (1997) y Johannesburgo (2002).

Ignacy Sachs consultor de Naciones Unidas, propuso el término ecodesarrollo, que buscaba apoyar el aumento de la producción, con el respeto a los ecosistemas necesario, para no alterar las condiciones de habitabilidad de la tierra. Este término empezó a utilizarse en los círculos internacionales relacionados con el medioambiente y el desarrollo. (Sachs, 1981)

Según Naredo (1996), parece que lo que más contribuyó a mantener la nueva idea de la sostenibilidad fueron las viejas ideas del crecimiento y el desarrollo económico. A la vez que se extendió la utilización del término desarrollo sostenible, se consiguió también hacer que la idea de sostenibilidad cobrara vida propia y que la reflexión sobre la viabilidad a largo plazo de los sistemas agrarios, industriales, o urbanos tuvieran cabida en las reuniones y proyectos de administraciones y universidades. Pero el planteamiento de hacer más sostenible el desarrollo económico es ambivalente, a la vez que se aprecia una mayor preocupación por la salud de los ecosistemas, esta preocupación se desplaza hacia el ámbito económico. Por otro lado, la falta de

claridad con la que se maneja este término induce a que apenas se contribuya a reconvertir la sociedad industrial hacia bases más sostenibles. El objetivo de la sostenibilidad requiere que los economistas especializados descubran nuevas técnicas de valoración de los recursos naturales y ambientales, obteniendo así el verdadero Producto Neto que puede ser consumido sin que se empobrezcan las generaciones futuras. (Naredo, 1996)

El debate continúa y uno de sus ejes gira en torno a la Teoría de la Desmaterialización, que permite defender la idea de un planeta con recursos inagotables apoyándose en la tecnología. Desde esta perspectiva la desmaterialización supone una caída en la intensidad material o energética de una economía, lo que implica que el crecimiento económico sea superior al crecimiento del consumo de recursos naturales. Sin embargo, aunque el PIB se expanda más rápidamente que el impacto ambiental éste último puede estar creciendo en términos absolutos. Por otro lado, asociar el impacto ambiental al PIB implica reconocerlo como indicador de progreso social, tratando de justificar la presión sobre los recursos en base a una expansión del crecimiento económico. Hoy en día hay sobradas evidencias de que la citada macromagnitud está lejos de ser el mejor indicador de bienestar. (Infante 2013)

2.3. El cambio climático

2.3.1. Causas y consecuencias del cambio climático

El cambio climático constituye una de las mayores evidencias de que nuestros modos de producción y consumos no resultan sostenibles. Es debido a causas naturales y también a la acción del hombre y se produce a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc.

El calentamiento en el sistema climático es inequívoco y, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se

ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado. (Gilbertson y Reyes, 2006)

Este cambio se debe principalmente a los gases de efecto invernadero (GEI). Los GEI se producen de manera natural y son esenciales para la supervivencia de los seres humanos y de millones de otros seres vivos ya que, al impedir que parte del calor del sol se propague hacia el espacio, hacen la Tierra habitable. Un siglo y medio de industrialización, junto con la tala de árboles y la utilización de ciertos métodos de cultivo, han incrementado las cantidades de gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera. A medida que la población, las economías y el nivel de vida crecen, también lo hace el nivel acumulado de emisiones de ese tipo de gases. Lo cual, la población no era consciente en un principio. (Ministerio para la transición ecológica)

El GEI más abundante es el dióxido de carbono (CO_2), resultado de la quema de combustibles fósiles. El científico estadounidense Charles Keeling fue quien hizo las primeras mediciones de dióxido de carbono (CO_2) en 1958 en Mauna Loa, observatorio astronómico ubicado en la cima de un volcán inactivo de Hawai. Las revelaciones de Keeling, hechas en un lugar con la particularidad de tener un aire especialmente limpio, iban a tener un gran impacto, pues la comunidad científica de entonces creía que los océanos y la vegetación eran capaces de absorber todos los gases que se producían en el planeta.

En los últimos 800.000 años, las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nítrico se han disparado. Las concentraciones de dióxido de carbono han aumentado en un 40% desde la era preindustrial debido, en primer lugar, a las emisiones derivadas de los combustibles fósiles y, en segundo lugar, a las emisiones netas derivadas del cambio de uso del suelo. Los océanos han absorbido alrededor del 30% del dióxido de carbono antropógeno emitido, provocando su acidificación.

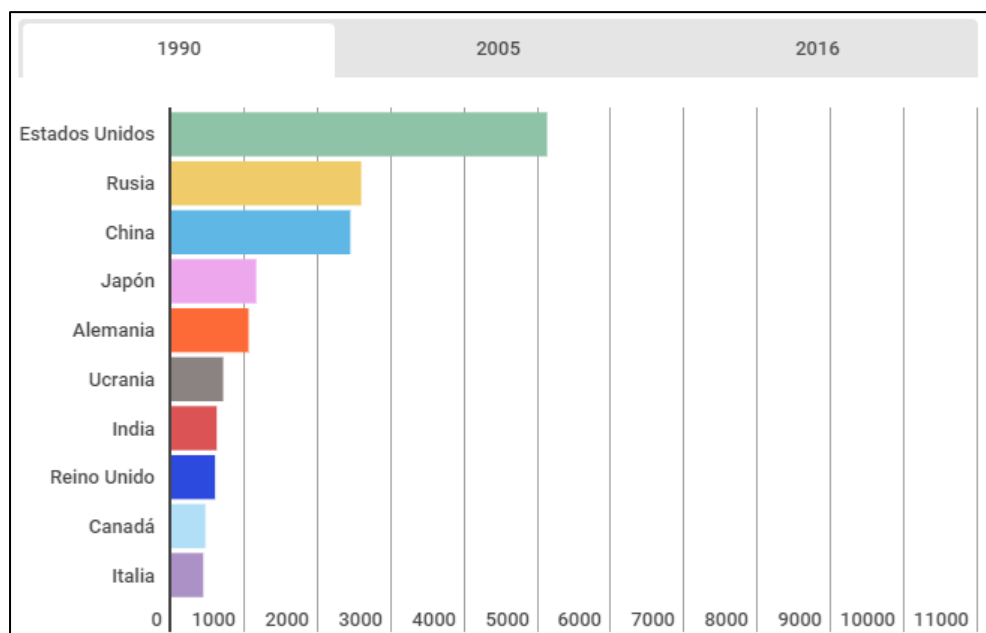
El enfriamiento de la Tierra pasa por atajar las emisiones de dióxido de carbono, un gas que proviene principalmente del uso de combustibles fósiles como el carbón o el petróleo. El CO_2 es además el mayoritario de los llamados de efecto invernadero, aquellos que provocan el calentamiento del planeta al

impedir que escapen las radiaciones infrarrojas que se producen de manera natural. La cantidad de gas que el mundo expulsa a la atmósfera no ha dejado de crecer: desde 1960 se ha multiplicado prácticamente por cuatro y desde 2005, año de entrada en vigor del protocolo de Kioto, se ha incrementado un 22%. (Ripa, 2017)

En los siguientes 3 gráficos se muestra la variación entre 1990 y 2016 de las emisiones de los 10 países que más CO2 emiten.

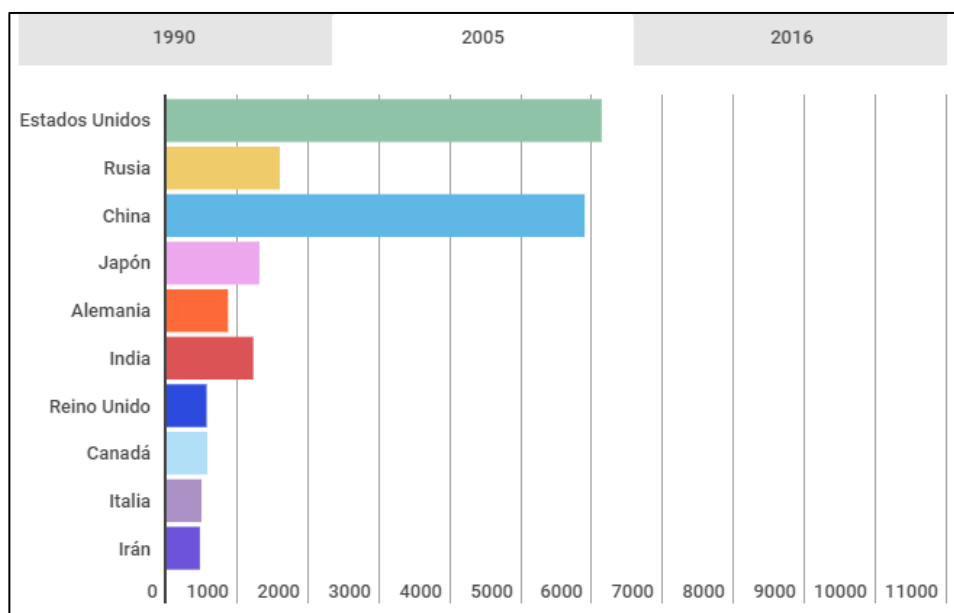
Esta variación se ha calculado a partir de datos del portal Global Carbon Project, que compila información del Carbon dioxide information analysis center (CDIAC), de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático y del departamento estadístico BP.

Gráfico 1: Emisiones absolutas anuales en MtCO2. 1990



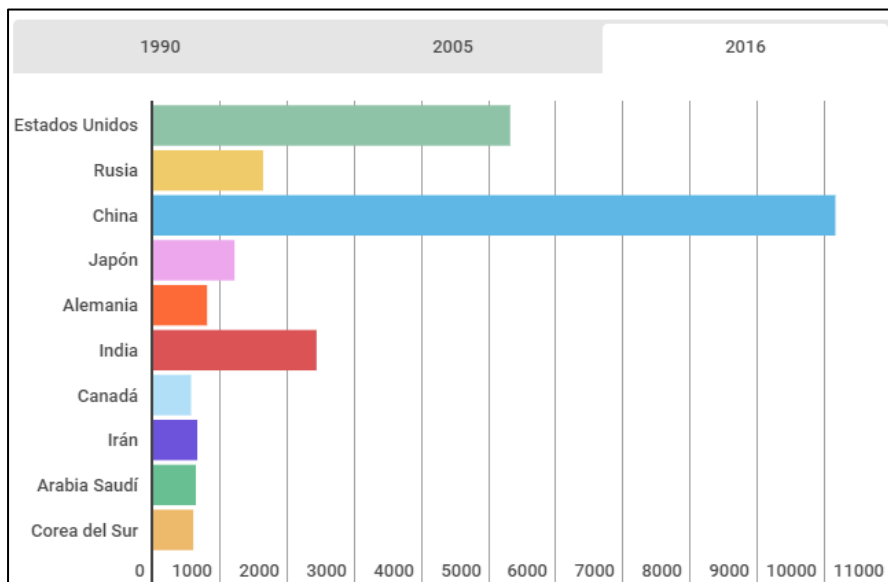
Fuente: Global Carbon Project

Gráfico 2: Emisiones absolutas anuales en MtCO2 (2005)



Fuente: Global Carbon Project

Gráfico 3: Emisiones absolutas anuales en MtCO2 (2016)



Fuente: Global Carbon Project

China, Estados Unidos, Rusia, India y Japón encabezan, en ese orden, la clasificación de emisiones absolutas de los últimos cinco años. Representan además alrededor del 57% de las 36 gigatoneladas generadas en

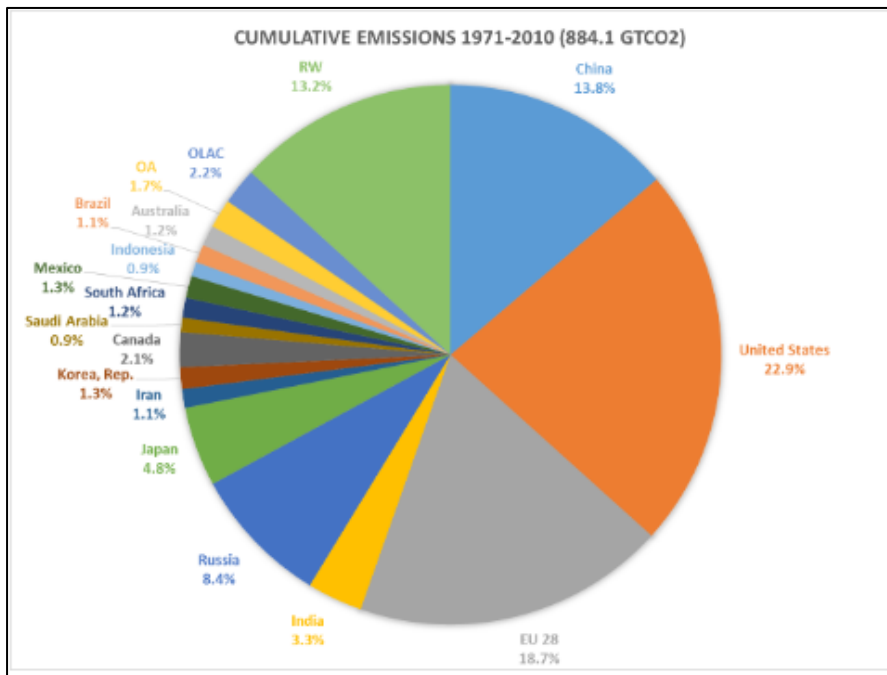
2016 en el mundo. Excepto estados Unidos, las otras cuatro potencias están entre las 197 naciones que suscribieron en 2015 el histórico acuerdo de París. El pacto compromete a los países desarrollados y no desarrollados a presentar propuestas para paliar el fenómeno. También limita el calentamiento planetario: de aquí a fin de siglo, la temperatura no debe aumentar más de dos grados centígrados respecto a la época preindustrial. Según el consenso científico, de cumplirse este baremo se podría evitar el desastre climático. (Ripa, 2017)

España ocupa el vigesimocuarto lugar en la clasificación mundial de emisores. En los últimos once años, el dióxido de carbono emitido ha caído un 26%, según el último balance publicado por el Gobierno. Gran parte de la reducción se sustenta en el impulso a las energías renovables vivido desde 2005. El balance para 2017, sin embargo, no se presenta favorable. La escasez de lluvias y los bajos niveles de agua embalsada han influido en un aumento del uso del carbón y, en consecuencia, de los niveles de CO₂. El clima, en el caso particular de España, es un marcador habitual de la tendencia de las emisiones.

Con objeto de lograr una economía baja en carbono, la Comisión Europea ha establecido distintos tramos de reducción de emisiones para los próximos años: un 40% menos en 2030, un 60% menos en 2040 y un 80% menos en 2050, siempre en relación a los niveles de 1990. (Ripa, 2017)

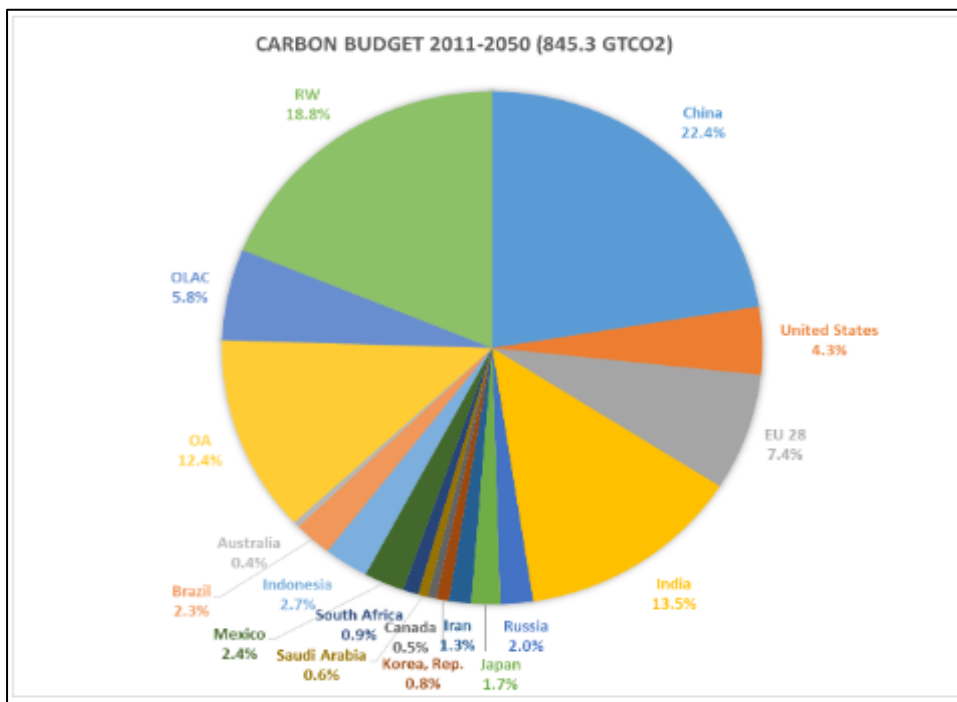
En el gráfico 4 se presentan las emisiones acumuladas en el periodo histórico 1971-2010. Cuando se comparan las emisiones históricas de países como los Estados Unidos y la India (con una población tres veces superior a la de los EEUU) se constata que los países no han contribuido de igual forma a la problemática del cambio climático y, por lo tanto, no son responsables por igual de este problema. En el gráfico 5 se muestra cómo quedaría distribuido el PGC disponible hasta el 2050 entre los 15 países (que denominaremos TOP-15) que actualmente encabezan el ranking de emisiones mundiales y tres grandes grupos de países que complementan el total mundial. (OA: otros países africanos; OLAC: otros países de Latinoamérica y el Caribe; RW: resto del mundo).

Gráfico 4: Reparto de las emisiones acumuladas (1971-2010)



Fuente: Obra social la Caixa

Gráfico 5: Reparto del Presupuesto Global de Carbono (2011-2050)



Fuente: Obra social la Caixa

Es también especialmente interesante comparar la asignación de emisiones futuras (2011-2050) resultado del Modelo de Justicia Climática con las emisiones acumuladas en un periodo pasado de 40 años (1971-2010) que se muestran en la figura 1. El hecho de aplicar un modelo basado en la equidad teniendo en cuenta las responsabilidades históricas diferenciadas, nos lleva a un reparto del Presupuesto Global de Carbono que muy poco tiene que ver con su distribución histórica. Grandes emisores históricos como Estados Unidos, la Unión Europea (EU-28) o Rusia deberían hacer frente a un futuro con un nivel de emisiones muy reducido, mientras que países como la China y la India, podrían contar con una asignación de emisiones futuras por encima de sus emisiones históricas. Cabe remarcar que el grupo OA formado por los países africanos excepto Sud África, podría disponer de un Presupuesto de Carbono importante.

El Modelo de Justicia Climática asigna a cada país un Presupuesto de Carbono (PC), es decir, el conjunto de emisiones que este país podría lanzar a la atmosfera de ahora en adelante para qué, en conjunto, se cumpla el objetivo de los 2°C. Con este presupuesto el país podría trazar su camino de mitigación o curva de emisiones anuales. Este camino debe cumplir que la suma de las emisiones anuales desde ahora hasta 2100, dicho de otro modo, el área integral de la curva, sea igual al PC asignado al país.

Por ejemplo, el PC que el Modelo de Justicia Climática asigna a la EU-28 para el periodo 2011-2100 asciende a 58 GtCO₂. La figura 2 presenta un posible camino de mitigación para la EU-28 compatible con el presupuesto asignado. Estos caminos de mitigación pueden ser entendidos como el escenario de los 2°C para cada país, es decir son el resultado de trasladar el escenario global de los 2°C a cada uno de los países utilizando los criterios de justicia climática explicados anteriormente. (Obra social la Caixa, 2018)

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), fue creado en 1988 para facilitar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta. Se ha detectado la influencia humana en el calentamiento de la atmósfera y el océano, en alteraciones en el ciclo global del agua, en reducciones de la cantidad de

nieve y hielo, en la elevación media mundial del nivel del mar y en cambios en algunos fenómenos climáticos extremos. El primer informe se publicó en 1990 y confirmó los elementos científicos que suscitaban preocupación acerca del cambio climático. Esta evidencia de la influencia humana es mayor desde que se elaborara el Cuarto Informe de Evaluación. En 2014, el IPCC finalizó el Quinto Informe de Evaluación.

El documento es el resultado de los esfuerzos coordinados de los grupos de trabajo que garantizan la información sobre aspectos relacionados con el cambio climático. El Informe de síntesis comprende una evaluación y una valoración de las incertidumbres y los riesgos; un análisis económico integrado de costos; los aspectos regionales; los cambios, las repercusiones y las respuestas relacionadas con los sistemas hidrológicos y terrestres; el ciclo del carbono, en particular, la acidificación de los océanos, la criosfera y la elevación del nivel del mar; y la aplicación de las diferentes medidas de mitigación y adaptación en el marco del desarrollo sostenible.

Entre otros aspectos del cambio climático destacar los impactos directos en los sistemas naturales y los efectos directos e indirectos sobre los sistemas humanos, como la salud humana, la seguridad alimentaria y la seguridad de las condiciones sociales. Al integrar los riesgos del cambio climático y las cuestiones relacionadas con la adaptación y mitigación en el marco del desarrollo sostenible, el Informe de síntesis también hace hincapié en el hecho de que casi todos los sistemas del planeta se verían afectados por el impacto del cambio climático, y que no es posible poner límites al cambio climático, sus riesgos e impactos conexos, por un lado, y al desarrollo que satisface las necesidades de la presente, por el otro, sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades. El informe, por lo tanto, también se centra en las conexiones entre estos aspectos y ofrece información sobre cómo se solapa el cambio climático a otras cuestiones de desarrollo y se incorpora a las mismas.

El impacto potencial es preocupante, se predice falta de agua potable, grandes cambios en las condiciones para la producción de alimentos y un aumento en los índices de mortalidad debido a inundaciones, tormentas, sequías y olas de

calor. En definitiva, el cambio climático no es un fenómeno sólo ambiental sino de profundas consecuencias económicas y sociales. (Ministerio para la Transición Ecológica, 2016)

2.3.2. Acuerdos internacionales contra el cambio climático

Las Naciones Unidas y sus Estados Miembros, conscientes de la gravedad de este problema mundial, tal como lo ha presentado la comunidad científica, han emprendido diferentes iniciativas para hacerle frente a nivel mundial. En 1992, tras la presentación del Primer Informe de Evaluación del Cambio Climático, en la conferencia de Río de Janeiro se adoptó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), cuyo principal objetivo se estableció en “la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático y en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurando que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitiendo que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.” (Nuño, 2016)

El primer resultado de la CMNUCC fue, en 1997, la Cumbre del Clima en Kioto. De esta cumbre surgió el Protocolo de Kioto, acuerdo internacional por el que los países firmantes establecían la reducción de las emisiones de gases que produzcan el “Efecto Invernadero”. El Protocolo de Kyoto (PK), que entró en vigor en febrero de 2005, representa un primer paso importante en este esfuerzo, en el que se estableció que las emisiones de gases de efecto invernadero de los países industrializados deberían reducirse al menos un 5% por debajo de los niveles de 1990, para el período 2008-2012. Además de los procesos de ratificación de los diferentes países, el desarrollo del PK a partir de entonces ha consistido en definir procedimientos y mecanismos de cumplimiento. La pieza central de estos instrumentos es el establecimiento en 2005 del comercio mundial de derechos de emisión de CO₂. (Cumbres Climáticas, 2016)

En 2015 la Cumbre del Clima tiene lugar en París, donde se firma el Acuerdo de París, suscrito por 195 países con el objetivo de que el aumento de

la temperatura a final de este siglo se quede entre los 2 y los 1,5 grados respecto a los niveles preindustriales. A diferencia del Protocolo de Kioto, donde solo los países desarrollados estaban obligados a reducir los gases de efecto invernadero, en este nuevo acuerdo todos los firmantes deben presentar planes de mitigación. Pero en este nuevo acuerdo los planes son voluntarios y cada país se fija la meta de reducción de emisiones que considera conveniente. Los recortes voluntarios de emisiones se empezarán a aplicar a partir de 2020 con objetivos prestablecidos para el 2025. También se deben establecer mecanismos claros de control y contabilidad de las emisiones mundiales. Se prevé un fondo de unos 100.000 millones de dólares, para ayudar a países más vulnerables frente al cambio climático. (Nuño, 2016)

Las reducciones de emisiones que prevén esos planes no son suficientes para cumplir con el objetivo de que el aumento de la temperatura a final de siglo se quede por debajo de los 2 grados. Es decir, que los esfuerzos que hacen los firmantes no son suficientes, y por ello se han comprometido a revisar el alza de las emisiones en el 2018. Cada país decide en qué medida está dispuesto a recortar los gases de efecto invernadero y no existen sanciones, ya que hubiese presentado inconvenientes para ciertos países y hubiese sido más difícil firmar el acuerdo. (Planelles, 2016)

Tras la nueva candidatura, y actual presidencia de Donald Trump, EEUU se desvincula del acuerdo de París, siendo EEUU uno de los principales emisores de gases de efecto invernadero, lo que hace tambalearse a un acuerdo cuyos objetivos ya eran difíciles de cumplir. La entonces posible y ahora confirmada, salida del acuerdo resultaba muy preocupante. Al ser una fuerza muy influyente en este tema, claramente la falta de compromiso por parte de EEUU, se verá influenciada en el calentamiento global y no ayudará nada a la mitigación de gases de efecto invernadero. (Teguayco Pinto: 2017)

Algunos países temen que esta decisión pueda allanar el camino para que otros países se retiren o terminen por incumplir sus propios compromisos. Tras la salida de EEUU, muchos son los que miran a la UE como la región que debe liderar la lucha contra el cambio climático. En ese sentido también se ha expresado el eurodiputado de Equo Florent Marcellesi, quien ha asegurado que

"ante la retirada de Trump, es el momento de que la UE tome el liderazgo de la lucha por el clima. Seguiremos sin él". (Teguayco Pinto: 2017)

Los firmantes del acuerdo de París también encargaron al IPCC un informe específico sobre la meta del 1,5 que se ha presentado en octubre de 2018. La UE se ha fijado como objetivo que en 2030 se hayan reducido un 40% las emisiones de gases de efecto invernadero respecto de los niveles de 1990; que el consumo final de energía procedente de fuentes renovables alcance el 32%, y que la eficiencia energética mejore en otro 32%. Ninguno de ellos se alcanzará si los miembros más rezagados y renuentes, la mayoría de ellos países del Este, no hacen el esfuerzo necesario y asumen su parte alícuota de compromiso en los planes definitivos que han de presentarse en diciembre.

Resulta también decepcionante que, debido a la resistencia oposición de varios países del Este encabezados por Polonia, no se haya podido alumbrar el compromiso de alcanzar en 2050 la neutralidad climática (no producir más gases de efecto invernadero de los que la naturaleza es capaz de absorber) que apoyaban con énfasis España y Francia. En el caso de España se propone que la energía procedente de fuentes renovables alcance dentro de 10 años el 40% (en estos momentos es el 17,5%) y, aunque estamos lejos de los niveles de Suecia (54,5%) o Finlandia (41%), el plan presentado por el Gobierno ha sido elogiado por la Comisión Europea como uno de los más creíbles y ambiciosos. (El país, junio 2019).

Todos los informes científicos realizados al amparo de Naciones Unidas advierten de que el tiempo disponible para tomar medidas eficaces que eviten los peores efectos del cambio climático se agota. La descarbonización de la economía es un paso imprescindible para evitar que las temperaturas se eleven a final de siglo por encima de dos grados centígrados respecto de la época preindustrial, teniendo en cuenta que ya ha subido alrededor de un grado.

2.3.3. Los mercados de derechos de emisión CO2

El mercado de derechos de emisión es un mecanismo diseñado y

organizado por los poderes públicos, en el marco de un acuerdo internacional, como pieza de regulación económica/medio-ambiental sobre actividades que generan una externalidad negativa: emisión de cantidades importantes de dióxido de carbono; el principal gas responsable del efecto invernadero.

El comercio de emisiones es un sistema muy complejo con un objetivo muy sencillo, abaratar los costos que las empresas y los Gobiernos deben destinar a cumplir con los objetivos de reducción de emisiones. Sin embargo, y como veremos en estas líneas, el comercio de emisiones está concebido de tal forma que, por lo general, los objetivos se pueden alcanzar sin que se produzcan recortes reales.

Existe un sistema de compensaciones que permite que la Comisión Europea distribuya licencias de contaminación entre las grandes industrias. Los centros industriales (instalaciones) que superan sus compromisos de reducción de emisiones pueden vender sus excedentes a aquellas que no han cumplido con sus “obligaciones”. De manera que las empresas que pueden reducir sus emisiones por encima de los requisitos legales aprovecharán la oportunidad de ganar dinero vendiendo los créditos que les sobran y las que desean seguir contaminando pueden comprar dichos créditos a un precio muy barato sin tener que modificar sus prácticas. Hasta la fecha la mayoría de los permisos se han otorgado sin coste ninguno, por si fuera poco, las industrias más contaminantes en el pasado se ven recompensadas con subvenciones de mayor cuantía.

Las compensaciones se suelen presentar como emisiones reducidas, pero lo cierto es que generalmente se limitan a desplazar las ‘reducciones’ hacia donde resulta más barato realizarlas, lo cual suele traducirse en un traslado de los países del Norte a los países del Sur. (Glibertson y Reyes, 2006)

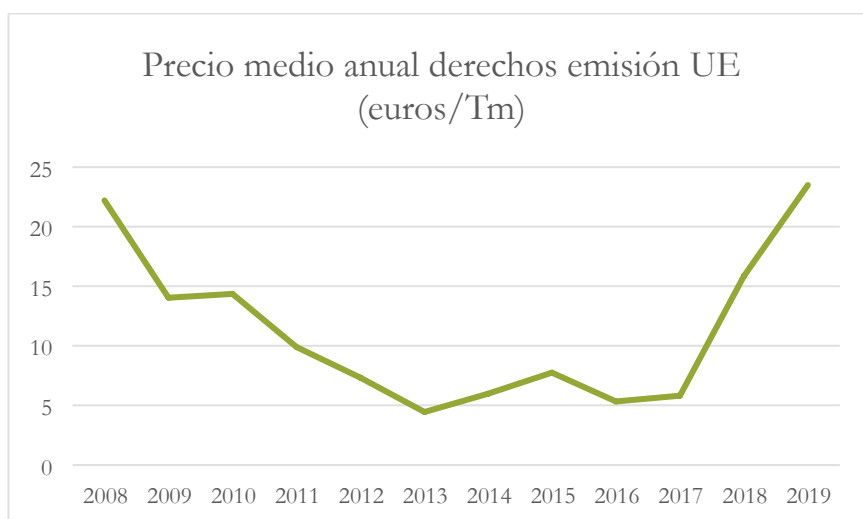
El sistema europeo de comercio de derechos de emisiones de CO₂ se encamina hacia un punto de inflexión. Lo hace tras una década en la que el modelo (conocido por las siglas en inglés EU ETS) ha sido denostado por muchos expertos en la lucha contra el cambio climático, principalmente, por lo barato que resultaba para las grandes empresas e instalaciones de la UE

escupir a la atmósfera los gases de efecto invernadero que calientan el planeta.

La reforma acordada a final de 2017 por la Unión Europea que busca reducir a partir de 2019 los derechos de emisión para que el precio suba, ha hecho que el coste de la tonelada de CO₂ equivalente (la unidad que se emplea con los gases de efecto invernadero) se haya disparado. Y que se acerque al umbral en el que, según los especialistas, este mercado al que deben acudir las eléctricas que usan carbón y gas se convertirá en una palanca de cambio del modelo energético en Europa para expulsar las formas más sucias de generar electricidad.

El precio de los derechos de emisión de las emisiones de carbono europeas aumentó un 310%, y un 120% desde el inicio del año 2018 y continúan elevándose:

Gráfico 6: precios derechos emisión CO₂ (2008-2019)



Fuente: SENDECO2. Elaboración propia

La consecuencia directa es que será muy caro quemar gas y carbón y por tanto, mientras estos combustibles sean marginales, seguirá subiendo la factura de la electricidad más aún mientras siga cotizando al alza los derechos de emisión, que se prevé que continúe en los próximos años.

Los expertos estiman que el aumento del precio de los derechos de emisión acelerará el fin de las fuentes de energía más contaminantes. La particularidad en el caso de la contaminación por CO₂ es que se trata de un coste social indirecto, El colectivo de perjudicados es en este caso toda la humanidad: son los

habitantes de todos los países quienes soportan el coste social indirecto derivado de las emisiones de CO2 generadas por cualquier industria de cualquier país.

La compleja interacción entre los poderes estatales y corporativos, donde aquellos con mayor voz durante el proceso presionan por compensar como forma de eludir su responsabilidad de cambiar, en sus propios territorios, las prácticas industriales y los medios de producción de energía. La toma de decisiones en el comercio de emisiones se ve impulsada por la 'competitividad' y no por inquietudes ambientales. (Glibertson y Reyes, 2006)

El Protocolo de Kyoto, y los mecanismos de mercado de emisiones que lo siguieron, afirman ofrecer incentivos financieros que irán reduciendo, gradualmente, las emisiones de las sociedades industrializadas y evitarán la dependencia generalizada de los combustibles fósiles en las menos industrializadas, la realidad hasta la fecha ha sido lo opuesto. Concluye el profesor Gwyn Prins, de la London School of Economics. 'El mundo está aumentando sus emisiones, no reduciéndolas.

Así, al firmar (ratificar) el PK un país se compromete no solo 1) a cumplir con los objetivos de reducción de emisiones allí establecidos, sino también 2) a poner en marcha, mediante normas legales internas, el funcionamiento del mercado mundial de DE en lo que respecta a las industrias y demás agentes económicos del propio país, así como 3) a utilizar los instrumentos jurídicos de 'reducción activa' de emisiones que acompañan al PK: El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y el Mecanismo de Aplicación Conjunta.

El comercio de emisiones ha fracasado en afrontar el cambio climático. Los problemas no sólo están relacionados con los detalles de cómo se diseñaron las reglas del sistema ni con los problemas iniciales durante su aplicación, sino que son inherentes al sistema mismo y que exigen cambios estructurales en ámbitos tan básicos como las prácticas industriales y agrícolas.

Enfrentar el cambio climático, exige, en primer lugar, un rápido abandono del uso de combustibles fósiles. Ninguna alternativa por sí misma será suficiente. Las prácticas actuales de gran cantidad de sectores, desde la manufactura hasta la agricultura industrial, se deben revisar y reevaluar. Medidas:

- dejar de subsidiar a los combustibles fósiles directamente para ayudar a mantenerlos bajo tierra
- replantear la demanda y eficiencia energéticas
- fomentar el debate público sobre el cambio climático y la deuda ecológica
- ampliar formas útiles de regulación convencional
- iniciar programas de inversión pública cuidadosamente dirigidos
- emprender acciones legales contra los autores de delitos ambientales
- asegurar la tenencia de tierras de pueblos indígenas y comunidades dependientes de los bosques
- promover la agricultura local sostenible y la soberanía alimentaria de los pueblos
- construir alianzas entre comunidades y movimientos basadas en las necesidades y los deseos locales organizar y apoyar acciones locales
- estudiar posibles sistemas impositivos como medida adicional

3. La huella de carbono

3.1. Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible

Los indicadores son herramientas para clarificar logros objetivos e impactos, también permiten detectar tendencias o ciertos fenómenos. Generalmente están diseñados para contar con estándares contra los cuales evaluar, estimar o demostrar el progreso de variables con respecto a metas establecidas. Hoy en día existen varios tipos y modelos de indicadores.

Los IS tienen su origen en una larga historia de pensamiento sobre cómo medir el bienestar y sus diversas dimensiones, que facilitarían evaluar y reducir las brechas entre la realidad y las metas establecidas.

Características generales de los IS:

1. Se expresan como una señal física o numérica.

2. Están inscritos en un marco teórico, asociado al DS y al evento o problema que se pretende estudiar.
3. Pueden variar sus unidades de medida.
4. Regularmente, pueden ser expresados en escala de 0-1 o de 0-100%.
5. Generan información útil para realizar comparativos.
6. Se enfocan en evaluar algún aspecto específico: economía, sociedad, ambiente [Mondragón Pérez, 2002]

Se pueden clasificar atendiendo a diferentes criterios (Ibáñez Pérez, 2012):

1. Según la dimensión del DS al que están orientados:
 - La dimensión económica del desarrollo sostenible siempre tendrá que ver con un crecimiento constante de los ingresos. Los economistas argumentan qué tipo de ingreso sería apropiado utilizar, pero la medida sería en términos monetarios.
 - La dimensión social tiene que ver con un amplio abanico de temas, desde los derechos, la salud, hasta la educación. Sin embargo, una medida general podría referirse a la manera en que se determinan las prioridades y acciones para estas áreas. En este sentido, un aumento constante del número de personas involucradas en la toma de decisiones podría ser una medida útil.
 - La dimensión ambiental es aún más compleja, por lo que se aplican dos medidas generales que nos digan algo acerca del impacto directo sobre el medio ambiente y también sobre la capacidad de resistencia (resilience) de la naturaleza y la humanidad.
2. Según el sentido teórico y la obtención de datos:
 - Indicadores objetivos (duros). Se fundamentan en evidencias externas independientes del informante.
 - Indicadores subjetivos (alternos). Reflejan percepciones y opiniones de la población respecto a su situación.

3. Según en el modelo que estén basados:

- Basados en el modelo PER. Modelo desarrollado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2003) con la finalidad de contar con información que permitirá estructurar su trabajo sobre políticas ambientales. Parte del supuesto de que las actividades humanas ejercen una presión sobre el medio ambiente, y que éste, a su vez, registra cambios de estado en función de ellas. Representa estas relaciones por medio de indicadores, mostrando como están interrelacionados, el ambiente, la economía y la sociedad.
- Basados en el modelo FPEIR. Modelo sustentado en la idea de que las actividades humanas (fuerzas motrices) ejercen presión sobre el medio físico y, en consecuencia, su estado cambia, lo cual impacta la salud humana, los ecosistemas y los recursos.

En particular, los IS intentan relacionar la información ambiental con la económica y la social, a fin de generar información ya sea sobre la contaminación, el deterioro del desarrollo productivo o el bienestar alcanzado por la población.

Los indicadores ambientales permiten reconocer las principales tendencias de las dinámicas ambientales y realizar una evaluación, los Indicadores de Desarrollo Sostenible pueden interpretarse como signos que pueden fortalecer decisiones informadas, así como la participación ciudadana, para impulsar a nuestros países hacia el desarrollo sostenible, teniendo en cuenta que la economía y el medio ambiente son componentes de un sistema global. También servir de gran ayuda, modificar o elaborar nuevos indicadores económicos, ambientales y sociales que sirvan como indicadores de si realmente esa integración se está logrando, que midan los diferentes grados del proceso, o si por el contrario, se alejan de la sustentabilidad.

Pero hay críticas al respecto que cuestionan la validez y las limitaciones de esos indicadores, primero, algunos caen en el error a la hora de hacer las mediciones, segundo, se requiere gran cantidad de información, así como técnicas costosas y sofisticadas, para calcularlos; tercero, su diseño impide implementarlos a pequeñas escalas, y cuarto, se ha desvirtuado su aplicación, al

vincularlos con un mero discurso político.

Anteriormente algunos países ya habían trabajado el desarrollo de sus indicadores, siendo reconocidos por la calidad que presentaban, produciendo resultados que los constituyen como referentes para capturar las dinámicas ambientales, otros países, estuvieron liderados por el programa de trabajo de las naciones unidas.

Es necesario aumentar los datos estadísticos en este campo para ayudar a las autoridades competentes a elaborar políticas adecuadas y a aplicarlas. Para ello, será preciso apoyar el establecimiento de unos índices e indicadores de presión medioambiental que sirvan para determinar los problemas medioambientales, de unas contabilidades complementarias a las nacionales y, a largo plazo y de las cuentas nacionales de economía y medio ambiente. Ampliar los sistemas actuales de contabilidad económica nacional para dar cabida en ellos a la dimensión ambiental y a la dimensión social, incluyendo por lo menos sistemas de cuentas subsidiarias para los recursos naturales en todos los Estados Miembros. (Ibáñez Pérez, 2012)

3.2. Huella ecológica

Este indicador biofísico de sostenibilidad tiene en cuenta el conjunto de impactos que ejerce una comunidad humana sobre su entorno. La huella ecológica se define como el total de superficie ecológicamente productiva para uso humano (excluye, por ejemplo, los desiertos y los polos) necesaria para producir los recursos consumidos en una comunidad, así como la necesaria para absorber los residuos que genera, independientemente de la localización de estas superficies. (Domenech: 2007)

La HE puede organizarse en subhuellas, generalmente las siguientes (Carballo et al., 2008):

- Cultivos: Aquella superficie en la que los humanos desarrollan actividades agrícolas, suministrando productos como alimentos, fibra, aceites, etc.

- Pastos: Área dedicada a pastos, de donde se obtienen determinados productos animales como carne, leche, cuero y lana.
- Bosques: La superficie ocupada por los bosques, de donde se obtienen principalmente productos derivados de la madera, empleados en la producción de bienes, o también combustibles como la leña.
- Mar: La superficie marítima biológicamente productiva aprovechada por los humanos para obtener pescado y marisco.
- Superficie construida: Área ocupada por edificios, embalses..., por lo que no es biológicamente productiva.
- Energía. El área de bosque necesaria para absorber las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles.

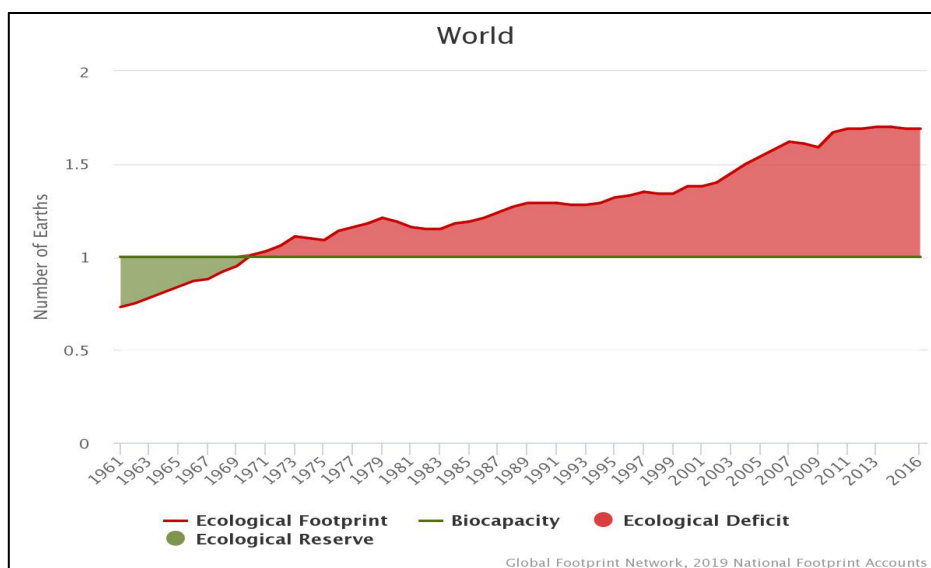
Respecto a la filosofía de cálculo de la *huella ecológica* parte de los siguientes aspectos:

- Para producir cualquier bien o servicio, independientemente del tipo de tecnología utilizada, se necesita un flujo de materiales y de energía, provenientes, en última instancia, de sistemas ecológicos o del flujo de energía directa del Sol en sus diferentes manifestaciones.
- Se necesitan sistemas ecológicos para absorber los residuos generados durante el proceso de producción y el uso de los productos finales.
- El espacio es también ocupado con infraestructuras, viviendas, equipamientos... reduciendo así las superficies de ecosistemas productivos.
- Aunque este indicador integra múltiples impactos, hay que tener en cuenta entre otros, los siguientes aspectos que subestiman el impacto ambiental real.
- No quedan contabilizados algunos impactos, especialmente de carácter cualitativo, como son las contaminaciones del suelo, del agua, y la atmosférica (a excepción del CO₂), la erosión, la pérdida de biodiversidad o la degradación del paisaje.
- Se asume que las prácticas en los sectores agrícola, ganadero y forestal son sostenibles, es decir, que la productividad del suelo no disminuye con el tiempo.

- No se tiene en consideración el impacto asociado al uso del agua, a excepción de la ocupación directa del suelo por embalses e infraestructuras hidráulicas y la energía asociada a la gestión del ciclo del agua.
- Como criterio general se procura no contabilizar aquellos aspectos para los que existan dudas sobre la calidad del cálculo. A este respecto, también se tiende siempre a elegir la opción más prudente a la hora de obtener resultados.

Como se observa en el gráfico 7, hasta 1970 existía una reserva ecológica, es decir, existían más recursos ecológicos disponibles que los que se demandaban, pero a partir de 1970, la situación ha sido completamente diferente, porque nos hemos encontrado con un déficit ecológico. En la tabla se indica la reserva o el déficit medido en el número de planetas o Tierras que demandamos: cuando el indicador es mayor que 1, aparece un déficit. En 2016, el nº de Tierras necesario para el consumo mundial era mayor de 1,6.

Gráfico 7: Déficit ecológico mundial (1960-2016)



Fuente: Global Footprint Network, 2018

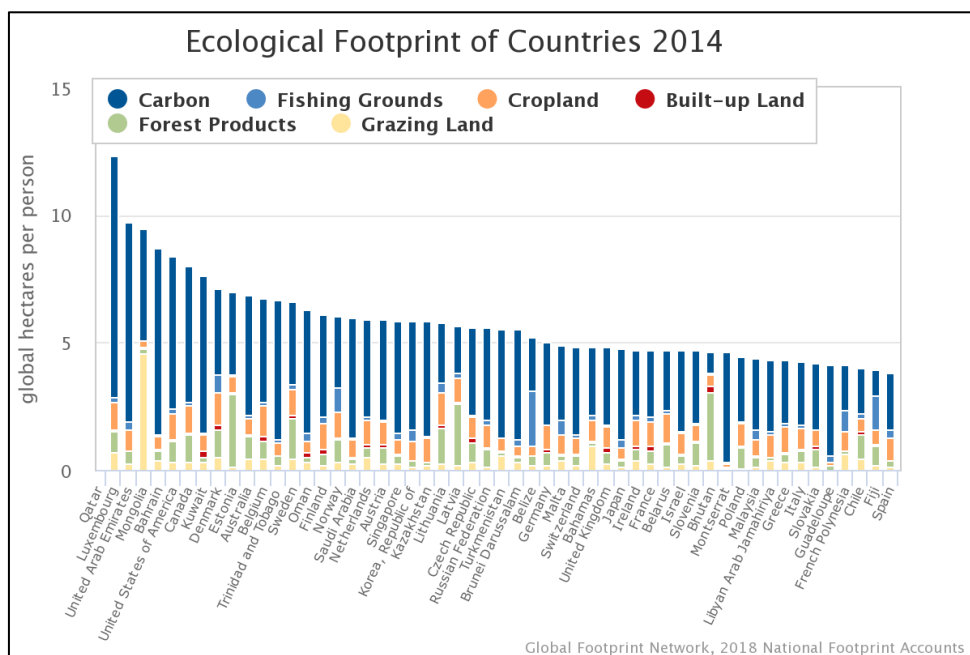
No quiere decir que todos los países se excedan a la hora de emitir gases GEI, pero sí, en un conjunto se exceden y notoriamente de los límites que la naturaleza puede soportar, para mantener niveles que no lleven a un déficit

ecológico. En fin, se aprecia de manera muy clara que necesitamos muchísimos más recursos de los que disponemos para mantener la huella ecológica sin déficit. Y que nuestro modo de vida es altamente perjudicial para el medio ambiente.

En el siguiente gráfico 8 presentamos la huella ecológica mundial por países, clasificadas en cinco tipos o subhuellas: tierras de cultivo, tierras de pastoreo, tierras forestales, zonas de pesca y tierras edificadas. Las tierras forestales sirven para dos usos distintos y competidores: productos forestales y secuestro de CO2

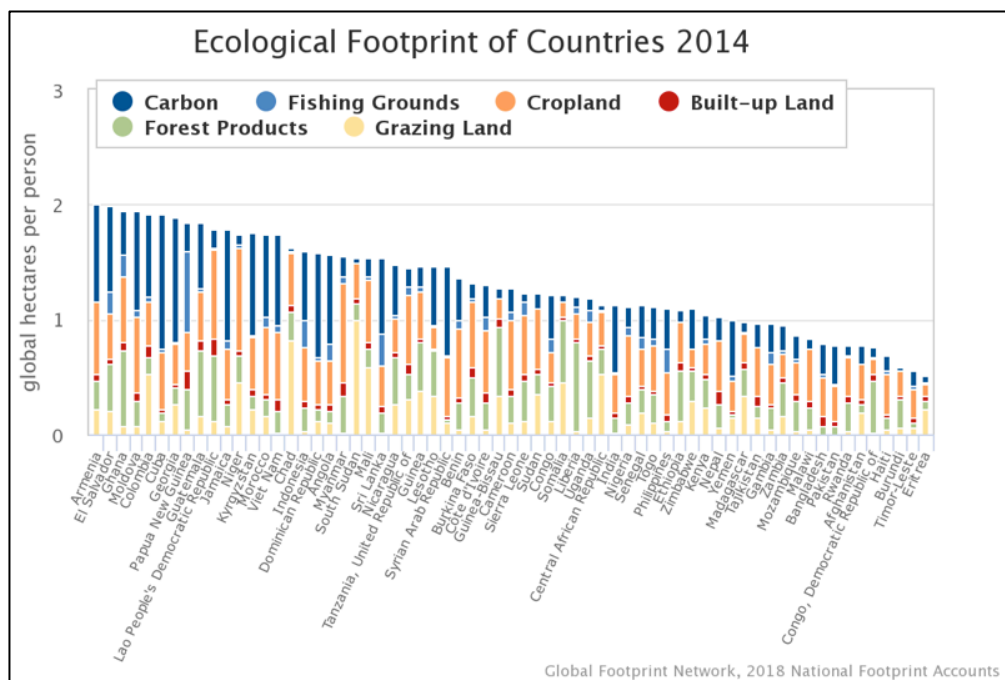
Las unidades de medida son hectáreas globales (gha). Una hectárea global es una hectárea biológicamente productiva con productividad biológica promedio mundial para un año determinado. Las hectáreas globales son necesarias porque los diferentes tipos de tierra tienen diferentes productividades. Una hectárea global de, por ejemplo, tierras de cultivo, ocuparía un área física más pequeña que las tierras de pastoreo mucho menos biológicas, ya que se necesitarían más pastos para proporcionar la misma biocapacidad que una hectárea de tierras de cultivo. Debido a que la productividad mundial varía ligeramente de un año a otro, el valor de una hectárea global puede cambiar ligeramente de un año a otro. (Globak Footprint Network).

Gráfico 8: Países de mayor HE per cápita (2014)



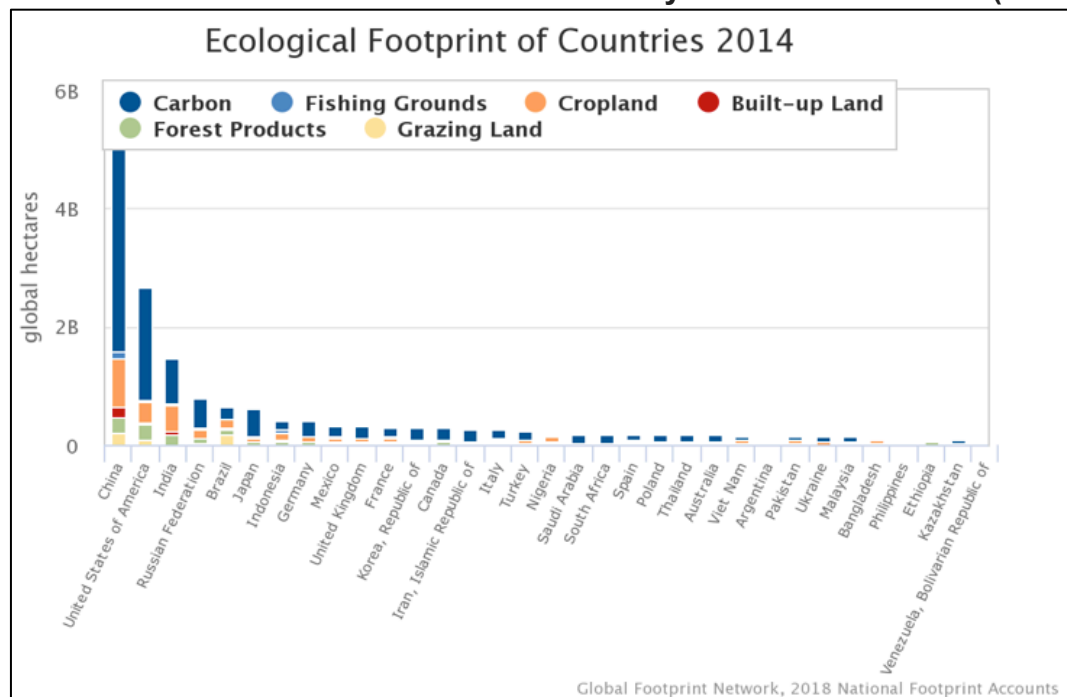
Fuente: Globak Footprint Network, 2018

Gráfico 9: Países de HE per cápita más reducida (2014)



Fuente: Globak Footprint Network, 2018

Gráfico 10: Países de mayor HE total (2014)



Fuente: Globak Footprint Network, 2018

El tramo azul corresponde a la huella de carbono, que como veremos en el apartado siguiente, mide las emisiones (toneladas liberadas por año) de CO₂ asociadas con el uso de combustibles fósiles. En las cuentas de la Huella ecológica, estas cantidades se convierten en áreas biológicamente productivas necesarias para absorber este CO₂. La Huella de carbono se agrega a la Huella ecológica porque compite por el espacio bioproductivo, ya que se considera que el aumento de las concentraciones de CO₂ en la atmósfera representa una acumulación de deuda ecológica. (Global Footprint Network).

Como se puede apreciar, el principal componente de la huella ecológica se debe a las emisiones de CO₂ (azul oscuro), muchísimo mayor que todos los demás juntos. El siguiente azul clarito, que se aprecia como si fuese un punto, se corresponde con las zonas de pesca; el naranja, tierras de cultivo; el rojo nos indica lo construido sobre tierra; el verde, los productos forestales y por último el amarillo, que son las tierras de pastores.

La huella ecológica se va consolidando como *indicador de sostenibilidad* a nivel internacional. En el contexto económico, existe desde hace tiempo un indicador aceptado y utilizado mundialmente: el producto interior bruto el (PIB). Sin embargo, frente los nuevos desafíos que se nos presentan, necesitamos completar la información que ofrece el PIB para poder diseñar políticas equilibradas que reflejen nuestro compromiso con Medio Ambiente y el bienestar social.

De otro lado, si las empresas a corto plazo no son capaces de compensar todas sus emisiones indirectas de CO₂ invirtiendo en capital natural, su supervivencia como empresa podría verse muy comprometida. Y también deberían invertir en capital social, por si el consumidor empieza a exigir compromiso (responsabilidad social). (Domenech, 2007)

3.3. Huella de carbono: concepto y métodos de cálculo

La huella de carbono permite cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que son liberados a la atmósfera como consecuencia

de una actividad determinada, bien sea la actividad necesaria para la fabricación de un producto, para la prestación de un servicio, o para el funcionamiento de una organización, esta huella tiene que ser absorbida por una determinada superficie de la naturaleza a la cual se le llama huella ecológica.

Como se expone en el documento análisis del ciclo de vida y huella de carbono, podemos utilizar varias metodologías para el cálculo de la huella de carbono, dependiendo de si se centran en el producto (enfoque de producto) o en la empresa (enfoque de organización) (Domenech, 2010).

3.3.1. Enfoque de producto

Las metodologías más utilizadas para el cálculo de la huella de productos están basadas en los análisis de ciclo de vida (ACV), siendo una de las más utilizadas la PAS 2050. Consisten básicamente en recopilar toda la información sobre los consumos de materia y energía en cada una de las etapas por las que va pasando una determinada mercancía o producto (extracción, fabricación, transformación, transporte, almacenamiento, uso, etc.) y convertirla a emisiones de CO₂. El principal problema que presenta este enfoque es que los cálculos exigen técnicas muy especializadas que no están al alcance de cualquiera ya que suelen requerir la participación de diversos proveedores lo que puede limitar la independencia e incrementar el grado de subjetividad. (Domenech, 2010)

El análisis del ciclo de vida de la huella de carbono, se compone de 4 fases:

- Definición de Objetivos y Alcance: Define el objetivo y el uso previsto del estudio, así como el alcance de acuerdo con los límites del sistema, la unidad funcional y los flujos dentro del ciclo de vida, la calidad exigida a los datos, y los parámetros tecnológicos y de evaluación.
- Desarrollo del Inventario de Ciclo de Vida (ICV): Es la fase del ACV en la que se recogen los datos correspondientes a las entradas y salidas para todos los procesos del sistema de producto.
- Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV): Es la fase del ACV en la que

el inventario de entradas y salidas es traspasado a indicadores de potenciales impactos ambientales al medio ambiente, a la salud humana y a la disponibilidad de recursos naturales.

- Interpretación: Es la fase del ACV en la que los resultados del ICV y el EICV son interpretados de acuerdo al objetivo y alcance marcados inicialmente. En esta fase se realiza un análisis de los resultados y se marcan las conclusiones.

3.3.2. Enfoque de organizaciones

Este método es el que vamos a utilizar en nuestro cálculo de Huella de Carbono, consistente en recopilar los datos referentes a los consumos de una organización y convertirlos a emisiones de CO₂ o emisiones de CO₂ equivalentes con el fin de contar con un inventario de emisiones lo más completo posible. Los gases de efecto invernadero distintos del dióxido de carbono (metano, óxido nitroso, hidrofluorocarburos, etc.) son convertidos a su valor equivalente en dióxido de carbono, multiplicando la masa del gas en cuestión por su potencial de calentamiento global. A pesar de tener un potencial de calentamiento mucho menor que el de otros GEI, como el metano o los óxidos nitrosos, se elige el CO₂ como el equivalente de medida porque es el que más crecimiento ha experimentado en la atmósfera terrestre y el más abundante en porcentaje de todos ellos.

Para esta conversión existen diferentes técnicas según el tipo de recurso consumido. Una de las primeras formas para establecer límites en la huella de carbono de una organización, es la clasificación de sus emisiones según alcances, así nos permiten diferenciar entre las emisiones directas (alcance 1) y emisiones indirectas (alcances 2 y 3) a su vez, estas se dividen teniendo en cuenta si derivan del consumo de energía (alcance 2) o si forman parte de la cadena de valor (alcance 3).

Dentro de las emisiones de Alcance 1 se presentan cuatro tipos:

- Generación de electricidad, calor o vapor: resultan de la combustión de

combustibles en fuentes fijas: calderas, hornos, turbinas, etc.

- Procesos físicos o químicos: manufactura o procesamiento de productos químicos, materiales o residuos.
- Transporte de material, productos, desechos y empleados: vehículos que son propiedad de la empresa o están controlados por ella (camiones, trenes, barcos, aviones, autobuses y automóviles).

Las emisiones de Alcance 2 son las asociadas al consumo de energía en procesos sobre los que se tiene control o propiedad. Esta energía puede ser en forma de energía eléctrica o energía térmica (vapor, agua caliente, etc.).

Es importante señalar que únicamente se contabilizan las emisiones que son resultado de la generación de la energía. Por lo que las emisiones indirectas asociadas a la construcción de las infraestructuras o a la transmisión y distribución, no son de Alcance 2, sino de Alcance 3.

Alcance 3: Representa otras emisiones indirectas como viajes de trabajo con medios externos, servicios subcontratados como la gestión de residuos, limpieza o seguridad, y la compra de productos, entre otros.

Las emisiones de Alcance 3 se corresponden con el resto emisiones indirectas consecuencia de la actividad. Por lo tanto, son las asociadas a la cadena de valor o suministro de bienes y servicios. Sus fuentes de emisión se localizan fuera de la organización, que no tiene control ni propiedad sobre ellas. Su inclusión es en ocasiones confusa; sin embargo, tal y como se verá, su relevancia medida como porcentaje sobre el total es muy elevada. Por lo tanto, su inclusión debe considerarse un factor estratégico.

3.3.3. Enfoque mixto a organizaciones y producto

El tercer tipo de enfoque es el enfoque a la organización y al producto, cuya principal ventaja es que permite unificar los dos anteriores. En este enfoque, cada eslabón de la cadena de valor (cada organización) calcula su

propia huella y la pasa al siguiente, acumulándose así hasta llegar al consumidor final. Esto permite que cada uno de ellos pueda poner su propia etiqueta a sus propios productos, facilitando así el proceso de ecoetiquetado global. (Domenech: 2010)

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta metodológica que sirve para medir el impacto ambiental de un producto, proceso o sistema a lo largo de todo su ciclo de vida (desde que se obtienen las materias primas hasta su fin de vida). Se basa en la recopilación y análisis de las entradas y salidas del sistema para obtener unos resultados que muestren sus impactos ambientales potenciales, con el objetivo de poder determinar estrategias para la reducción de los mismos. La principal característica de esta herramienta es su enfoque holístico, que se basa en la idea de que todas las propiedades de un sistema no pueden ser determinadas o explicadas solo de manera individual por las partes que lo componen. Es necesaria la integración total de todos los aspectos que participan, de ahí el concepto de tener en cuenta todo el ciclo de vida del sistema.

Los elementos que se tienen en cuenta dentro del ACV, comúnmente se conocen como inputs/outputs (entradas/salidas): primas, partes y productos, transporte, electricidad, energía... etc, que se tienen en cuenta en cada proceso/fase del sistema. Así como los residuos y los subproductos que se tienen en cuenta en cada proceso/fase del sistema. La manera y forma en la que se recopilan estas entradas/salidas se conoce como Inventario de ciclo de vida (ICV), y es la fase del análisis del ciclo de vida que implica la recopilación y la cuantificación de entradas/salidas de un sistema durante su ciclo de vida. El ACV de un producto debería incluir todas las entradas/salidas de los procesos que participan a lo largo de su ciclo de vida: la extracción de materias primas y el procesado de los materiales necesarios para la manufactura de componentes, el uso del producto y finalmente su reciclaje y/o la gestión final. El transporte, almacenaje, distribución y otras actividades intermedias entre las fases del ciclo de vida también se incluyen cuando tienen la relevancia suficiente. A este tipo de ciclo de vida se le denomina comúnmente “de la cuna a la tumba”. (Departamento de medio ambiente; Gobierno Vasco: 2009)

Cuando el alcance del sistema se limita a las entradas/ salidas desde que

se obtienen las materias primas hasta que el producto se pone en el mercado (a la salida de la planta de fabricación/montaje), se le denomina como “de la cuna a la puerta”. Y cuando solo se tienen en cuenta las entradas/salidas del sistema productivo (procesos de fabricación), se le llama “de la puerta a la puerta”. Sin embargo, es el alcance de todo el ciclo de vida (de la cuna a la tumba) el único que nos asegura que las cargas medioambientales de una fase no se traspasan a otras fases del ciclo de vida. Esto significa que, por ejemplo, externalizar un proceso de nuestro sistema contratando a un proveedor externo, no nos evita la contabilización de la carga ambiental asociada a ese proceso. Aunque el mismo no esté en nuestra propia planta, el concepto holístico del ACV nos obliga a tenerlo en cuenta. Corrientes de salida del Fin de Vida del sistema pueden ser valoradas como materias primas y/o entradas al mismo sistema o a otro, está teniendo un importante reconocimiento en los últimos años. A este tipo de enfoque en ACV se le denomina como “de la cuna a la cuna”. La suma total de entradas y salidas sienta las bases para un posterior análisis y evaluación de los efectos medioambientales relacionados con el producto. Esta agregación de recursos y emisiones hacia daños al medio ambiente y al ser humano es lo que se denomina Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida (EICV).

3.4. Gestión medioambiental y huella de carbono

La gestión medio ambiental según Casadesús (2005) se puede definir como, el conjunto de acciones y medidas que se toman en la empresa para contribuir al cumplimiento de la legislación medioambiental vigente y a reducir el impacto medioambiental de la empresa, a través del control de los procesos y actividades que generan dicho impacto. Conesa (2006) dice que un (SGM) sistema de gestión medioambiental, es aquella parte del sistema de gestión que comprende la estructura organizativa, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, procesos y los recursos para determinar y llevar a cabo la política medioambiental. Cada sector tiene diferentes SGMs.

La presión ejercida por sus actividades en el medio natural y la realidad de recursos naturales limitados, ponen de manifiesto que las

empresas han de preocuparse por el Medio Ambiente, dada la relación evidente entre el crecimiento de la actividad económica y las consecuencias en el medio originadas por dicha actividad. Esta relación revela la importancia estratégica del factor medioambiental y su consecuente reto para las empresas que tratan de integrar la Gestión Medioambiental en su estrategia empresarial.

De otra parte, las presiones legislativas, competitivas, sociales y financieras también constituyen un motivo importante para que las empresas no descuiden su atención al entorno natural.

Por último, el uso de herramientas de gestión medioambiental tiene una influencia importante sobre la empresa, y en concreto sobre la competitividad y rentabilidad:

- Mejora en los procesos productivos.
- Ahorro en el consumo de materias primas
- Ahorro en el consumo de energía.
- Reducción de costes de control de la contaminación.
- Mejora de la imagen de la empresa.
- Se evitan demandas judiciales, multas, sanciones, responsabilidades civiles y penales.
- Nuevo argumento competitivo valorado por los clientes.
- Surgimiento de nuevos negocios.

Ante este reto las empresas implantan la Gestión Medioambiental y desarrollan diferentes herramientas como el Ecodiseño, Estudios de Impacto Ambiental, Análisis del Ciclo de Vida, el Etiquetado Ecológico y la Auditoria Medioambiental.

La familia de normas ISO comprendidas entre la ISO14064 y la14069 tienen como objetivo dar credibilidad y aseguramiento a los reportes de emisión de GEI y a las declaraciones de reducción o eliminación de GEI. Las normas no están alineadas, son independientes y pueden ser usadas por

organizaciones que participan en el comercio, en proyectos o en mecanismos voluntarios de reducción de emisiones. Las normas se pueden aplicar a todos los tipos de GEI, no estando limitadas al CO₂. Veamos más a detalle cada una de ellas:

- ISO 14064:2006: Contiene 3 partes y un conjunto de criterios para la contabilización y verificación de GEI. Las normas definen las mejores prácticas internacionales en la gestión, reporte y verificación de datos e información referidos a GEI. El uso de enfoques normalizados para la contabilización y verificación de datos de emisión aseguran que una tonelada de CO₂, por ejemplo, sea siempre la misma, donde sea que se emita o se acumule
- ISO 14064-1:2006. Cuantificación y reporte de emisiones y remoción de Gases con Efecto Invernadero a nivel de las Organizaciones.
- ISO 14064-2:2006. Cuantificación y reporte de GEI a nivel de Proyectos.
- ISO 14064-3:2006. Validación y verificación de aseveraciones sobre GEI.
- ISO 14065:2007: La norma "ISO 14065:2007: Ha sido desarrollada para asegurar los procesos de verificación y validación, y define requisitos para aquellas organizaciones que realicen validaciones o verificaciones de GEI. Estas organizaciones pueden realizar verificaciones de datos gestionados según la norma ISO 14064-3 o según otros criterios específicos tales como esquemas de comercio de emisiones o normas corporativas.
- ISO 14.066: La norma "ISO 14.066: Está todavía en proceso de desarrollo y definirá los requisitos competenciales para realizar las actividades de Validación y Verificación de GEI. La ISO 14.066 se encargará en adelante de aportar los detalles sobre competencias personales no contemplados en la norma ISO 14.065 de acreditación de organismos de validación/verificación de GEI.
- ISO 14.067: La norma "ISO 14.067 Carbon footprint of products", actualmente en fase de desarrollo, describirá el cálculo de la huella de carbono provocada exclusivamente por los productos, no por las organizaciones. Esta norma constará a su vez de dos partes: En la primera de ellas se describirá la

cuantificación de la huella de carbono del propio producto, mientras que en la segunda se detallará el modo de comunicación de la misma.

- ISO 14.069: La norma también en fase de desarrollo, pretende recoger las directrices básicas de aplicación de la norma ISO 14.064-1. Tiene como objetivo definir una sistemática para la realización de la huella de carbono por parte de las organizaciones, así como la posterior elaboración de la información de emisiones de GEI. (Asociación española para la calidad, 2011)

4. Cálculo de la huella en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU)

La Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) fue creada en 1977 y está situada en el área de Ibaeta, que se considera el núcleo principal del campus de Guipúzcoa. Cuenta con una superficie construida de 13.722 m² y en el presente curso 2018-19 hay 882 alumnos matriculados y 110 personas empleadas, 16 de las cuales son personal de administración y servicios (PAS) y los 94 restantes personal docente e investigador (PDI).

Como ya hemos mencionado en el punto 3, la huella de carbono es un indicador usado para medir la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) que son liberados a la atmósfera directa o indirectamente como consecuencia de una actividad determinada, bien sea la fabricación de un producto, la prestación de un servicio, o el funcionamiento de una organización.

Medir la Huella de Carbono de la ETS de Arquitectura va a permitir evaluar nuestra contribución al cambio climático. Además, entender las emisiones que genera nuestra actividad, cuantificarlas y conocer sus fuentes, resulta necesario como primer paso para plantear estrategias de reducción.

4.1. Definición de límites e identificación de fuentes de emisión

En el caso de los límites de organización, se trata de determinar, por un lado, los límites temporales: en este caso se trata del año 2018, siendo el 2017 el año base para comparación de resultados.

Para delimitar los límites operativos se deben identificar las emisiones y clasificarlas por alcances. Aunque el diagrama debe ser lo más exhaustivo posible, para el cálculo de la huella de carbono deberán priorizarse aquellas fuentes de emisión que sean realmente significativas dentro de cada alcance:

- **Alcance 1: Emisiones directas.** Emisiones provenientes de combustión de fuentes fijas o móviles que entran dentro de los límites de la organización. En el caso de la universidad de arquitectura, las calderas de gas natural.
- **Alcance 2: Emisiones indirectas por energía.** Emisiones derivadas de la adquisición y consumo de energía en la organización, pero producidas físicamente fuera de los límites de la organización. En nuestro caso, provenientes del consumo eléctrico.
- **Alcance 3: Otras emisiones indirectas.** Según la mayoría de las referencias para el cálculo de la huella de carbono de una organización, esta es una categoría opcional que permite considerar emisiones indirectas no incluidas en los alcances anteriores. Las emisiones del alcance 3 son consecuencia de actividades de la organización que se generan en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la empresa. Para decidir qué fuentes de emisión son relevantes en la categoría 3 podemos usar los siguientes criterios:
 - Significancia de las emisiones respecto al total de emisiones de la organización.
 - Representatividad de la actividad en el conjunto de la organización.
 - Disponibilidad de datos auditables.
 - Relevantes para terceras partes interesadas (comunidad universitaria, sociedad civil, administraciones, proveedores, etc.)
 - Existe potencial de reducción de emisiones.

4.2. Selección del método de cálculo

Para la realización de este estudio se han empleado diferentes procedimientos de cálculo en función de los datos disponibles para cada una de las actividades analizadas, si bien la base metodológica general para calcular las emisiones que se derivan de estas actividades es siempre la misma, consistente en la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{Huella de carbono (t CO}_2\text{)} = \text{Dato Actividad} \times \text{Factor Emisión}$$

Siendo:

- Dato de actividad: el parámetro que define la actividad referido al factor de emisión (p.ej.: kWh de gas natural)
- Factor de emisión: cantidad de CO₂ emitido por cada unidad del parámetro “dato de actividad” (p.ej.: 0.202 kg CO₂/kWh)
- La unidad utilizada para exponer los resultados (t CO₂) representa la tonelada equivalente de CO₂, unidad universal de medida que indica el potencial de calentamiento global (PCG) de cada uno de los GEI.
- A través de los factores de emisión convertimos los datos de la actividad en emisiones. La mayoría de las fuentes de emisión, por ejemplo, el gas natural o la electricidad, tienen un cálculo directo a partir de datos de consumo real. Otros en cambio, como la movilidad, se obtienen a través de un cálculo indirecto como se verá más adelante.

4.3. Recopilación de datos y elección de factores de emisión

4.3.1. Alcance 1: Emisiones directas

Gas

Como se puede apreciar en la siguiente tabla, que corresponde al consumo energético de la universidad de Arquitectura del año 2017-18, el consumo de gas procede el 100% prácticamente de la calefacción, que supone un gran gasto, el segundo consumo más llamativo que está notablemente muy por debajo del

primero en términos económicos y energéticos se corresponde con la iluminación, pero este entra ya, en consumo eléctrico.

Tabla 1: Consumo de gas

Consumo gas natural	kWh	Factor de emisión
2017	591.100	0,203 kgCO ₂ /kWh
2018	595.128	0,203 kgCO ₂ /kWh

El factor de emisión utilizado para el gas natural en la herramienta de cálculo del MAGRAMA proviene de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) que especifica dichos factores en función del año y de la comercializadora suministradora de gas. Factor de emisión año 2017/18: 0,203 kgCO₂/kWh.

4.3.2. Alcance 2: Emisiones indirectas

Electricidad

El consumo de electricidad de la UPV de Arquitectura se debe principalmente al alumbrado que abarca 2/3 partes del consumo eléctrico como hemos podido apreciar en una tabla correspondiente al 2017, representa el 66% del consumo total eléctrico, le sigue la refrigeración con un porcentaje bastante menor, ofimática, ventiladores, etc... en orden de consumo.

Tabla 2: Consumo eléctrico

Consumo eléctrico	kWh	Factor de emisión
2017	292.604	0,26 kgCO ₂ /kWh
2018	286.924	0,24 kgCO ₂ /kWh

El factor de emisión utilizado para la energía eléctrica en la herramienta de cálculo del MAGRAMA es de 0,26 kgCO₂/kWh en el 2017, que en 2018 se reduce a 0,24 kgCO₂/kWh.

4.3.3. Alcance 3: Emisiones indirectas

a) Agua

Este coste energético resulta el más bajo y en concreto en el centro de arquitectura que resulta ser el segundo centro que menos agua consume.

Tabla 3: Consumo agua

Consumo de agua	m3	Factor de emisión
2017	1.233	0,3441kgCO2/m2
2018	1.089	0,3441kgCO2/m3

El factor de emisión correspondiente al consumo de agua depende de los costes energéticos asociados al tratamiento de depuración y de potabilización de la empresa suministradora. Nosotros utilizaremos el dato que nos proporciona IHOBE (gobierno vasco) que en 2017/18 es 0,3441 kg CO2e/m3.

b) Construcción de edificios

Para llevar a cabo el cálculo de las emisiones provenientes de la construcción del edificio es necesario tener en cuenta la vida media útil del edificio que suelen ser 50 años según el Real Decreto 1247/2008. Cuenta con 13.722 m2 construidos teniendo en cuenta que se construyó en 1977 y que el factor de emisión entonces era de 48,84 lo dividiremos entre la vida útil para saber la correspondiente emisión anual. 0,9768 kWh/m2 año.

Tabla 4: Construcción de edificios

Edificio	m2 construido	Factor de emisión
Facultad de arquitectura de la UPV	13.722	0,9768kgCO2/m2

En este caso la emisión es la misma los dos años.

c) Movilidad

Los datos que vamos a utilizar son los datos de encuesta del Diagnóstico de Movilidad de la UPV/EHU 2018, que nos ha facilitado en un excel la Directora de Sostenibilidad de la UPV/EHU sobre la movilidad del campus de Gipuzkoa, se han extrapolado los datos medios de todo el campus a la población de Arquitectura:

Alumnado: estudiantes de grado, master, doctorado, etc.

- Personal Docente e Investigador (PDI)

- Personal de Administración y Servicios (PAS)

Tabla 5: Movilidad alumnos

ALUMNOS	Medio de transporte	Alumnos	Kms/semana	factor emisión
	Autobús	521	70.394	0,04 kgCO ₂ /km/persona
	Automóvil	156	15.997	0,17048 kgCO ₂ /km/persona
	Tren	27	10.056	0,0246 kgCO ₂ /persona
	Moto	28	802	0,0796 kgCO ₂ /persona
	A pie	118	3.413	0
	Bicicleta	32	1.351	0

Para obtener el factor de emisión de desplazamientos en automóvil hemos hecho una media entre el factor de emisión de los coches que consumen gasolina y los que consumen gasóleo.

Tabla 6: Movilidad personal (PDI+PAS)

EMPLEADOS	Medio de transporte	PDI	PAS	Kms/semana	factor emisión
	Autobús	26	5	4.909	0,04 kgCO ₂ /km/persona
	Automóvil	28	18	12.144	0,17048 kgCO ₂ /km/persona
	Tren	4	1	2.045	0,0246 kgCO ₂ /persona
	Moto	3	0	300	0,0796 kgCO ₂ /persona
	A pie	9	1	527	0
	Bicicleta	13	2	298	0

De las tablas 5 y 6 deducimos que el 59% de los alumnos se desplaza en autobús, en el caso de los empleados el 28% se desplaza en autobús que en términos porcentuales supone la mitad que los alumnos. El 18% de los alumnos se desplaza en coche, mientras que en el caso de los empleados supone un 42%. El tren es un medio de transporte muy poco demandado aquí ya que solo llega al 3% en el caso de los alumnos y a un 4,5% en el caso de los empleados. En cuanto a la moto decir que solo un 3,2% del alumnado se desplaza con dicho vehículo, y un 3% en el caso de los empleados. A pie van el 13,3% de los alumnos y el 9% de los empleados, y por último en bici se desplazan el 3,5% de los alumnos y el 13,5% de los profesores.

d) Consumo de papel

Tabla 7: Consumo papel

Año	€	500h. (€)	500h. (kg)	Total kg
2017	6770	3,50	2,5	4835,71
2018	6400	3,50	2,5	4571,43

El consumo de papel hace referencia exclusivamente al papel adquirido por el centro para su consumo. Los datos han sido obtenidos mediante las facturas del año 2018 y 2017 en el servicio de reprografía instalado en el Centro.

En el caso del papel la encargada de reprografía solo nos dio datos del consumo de papel de los dos años en términos económicos, también nos facilitó el precio y el número de hojas que viene en cada “pack” valiéndonos de esos datos hemos conseguido el consumo de papel de cada año. En 2017 se gastó 6.770€ y en 2018: 6.400€. Compran “packs” de 500 hojas a 3,5€. El peso de la hoja de 80gr nos indica que una hoja de 1 metro cuadrado pesaría 80 gramos. Es decir que una hoja a4 que tiene unas medidas de 210 x 297 mm, pesará 5gr. De esta manera es fácil calcular que un paquete de 500 hojas como es este caso, que pesará 2.5 kg.

e) Residuos

No hay datos disponibles en el centro para este capítulo.

Tabla 8: Fuentes y factores de emisión

Fuentes de emisión	Factores de emisión de CO2	Fuente
Gas natural	0,203 kgCO2/kWh.	MAGRAMA
Energía eléctrica	0,26 kgCO2/kWh	MAGRAMA
Agua	0,3441 kg CO2e/m3	IHOBE
Construcción	10,4 kgCO2/m2 año	REAL DECRETO 1247/2008
Movilidad		
Autobús	0,04 kgCO2/km/persona	Universidad de Córdoba
Automóvil gasolina	0,17846 kgCO2/km	TFG ECONOMIA Y EMPRESA
Automóvil gasóleo	0,1625 kgCO2/km	TFG ECONOMIA Y EMPRESA
Moto	0,0796 kgCO2/persona	Guía OCCC
Tren	0,0246 kgCO2/persona	Guía OCCC
Consumo papel	0,06 kgCO2/kg	Guía OCCC

4.4. Cálculo de emisiones

Para convertir los datos de la actividad en emisiones, se hace uso de los factores de emisión elegidos y de la siguiente fórmula que ya ha sido mencionada anteriormente.

$$\text{Huella de carbono (tCO}_2\text{)} = \text{Dato actividad} \times \text{factor de emisión.}$$

En el caso de emisiones asociadas a la movilidad el cálculo no hace uso de un dato de actividad directamente sino, un cálculo indirecto de la misma.

$$\text{Huella de carbono (tCO}_2\text{)} = ((N \times D \times H) / O) \times \text{factor de emisión.}$$

N: Número de usuarios de cada medio de transporte.

D: Distancia recorrida por cada usuario de casa al centro de estudio/trabajo

H: Nº de días lectivos (200 para trabajadores, 145 para estudiantes).

O: Grado de ocupación de los turismos.

4.4.1. Alcance 1: Emisiones directas

El 100% prácticamente procede del consumo de la calefacción.

Tabla 9: Huella de carbono alcance 1

Fuente de emisión	Consumo gas	Factor de emisión	Huella de C
2017	591.100	0,203 kgCO ₂ /kWh	119,99 tCO ₂
2018	595.128	0,203 kgCO ₂ /kWh	120,81 tCO ₂
Total emisiones alcance 1		120,81 tCO ₂	

4.4.2. Alcance 2: Emisiones indirectas

El consumo de electricidad corresponde casi en dos tercios a la iluminación, seguido de la refrigeración y del consumo proveniente de equipos informáticos y demás.

Tabla 10: Huella de carbono alcance 2

Fuente de emisión	Consumo eléctrico	Factor de emisión	Huella de C
2017	262.604	0,26 KgCO ₂ /KWh	68,27 tCO ₂
2018	286.924	0,24 kgCO ₂ /kWh	68,86 tCO ₂
Total emisiones alcance 2		68,86 tCO ₂	

4.4.3. Alcance 3: Otras emisiones indirectas

En este apartado no hemos podido conseguir los datos correspondientes para el 2017.

Tabla 11: Huella de carbono alcance 3

Fuente de emisión	Consumo de 2018		Factor de emisión	Huella de C
Agua	1.089m ³		0,3441 kgCO ₂ /m ³	0,37 tCO ₂
Construcción	13.722m ²		10,04kgCO ₂ /m ²	137,76 tCO ₂
Movilidad/alumnos	Nº	Kms/semana:	TOTAL	
Autobús	521	70394	0,04 kgCO ₂ /km/persona	84,4 tCO ₂
Automóvil	156	15997	0,1704 kgCO ₂ /km/persona	81,6 tCO ₂
Tren	27	10056	0,0246 kgCO ₂ /persona	7,2 tCO ₂
Moto	28	802	0,0796 kgCO ₂ /persona	18,9 tCO ₂
Movilidad/empleados	Nº	Kms/semana		

Autobús	31	4909	0,04 kgCO2/km/persona	6,65 tCO2
Automóvil	46	12144	0,1704 kgCO2/km/persona	72,45 tCO2
Tren	5	2045	0,0246 kgCO2/persona	1,75 tCO2
Moto	3	300	0,0796 kgCO2/persona	0,7 tCO2
Papel	4571,43		0,06 kgCO2/kg	0,27 tCO2
Total emisiones alcance 3				411,95

En este apartado solo nos han facilitado datos correspondientes al año 2018 por lo que no hemos podido realizar el cálculo para el año 2017. Para el cálculo de la huella por movilidad multiplicaremos los kms/semana por el número de semanas lectivas, que para los alumnos son 30 y para PDI y PAS 35.

4.5. Resultados

En esta tabla podemos apreciar el impacto por alcances, sus emisiones correspondientes y el porcentaje de contribución de huella de carbono sobre el total.

Tabla 12: Distribución de la HC por alcances 2018

Alcance	Emisión	Contribución a la HC
1. Emisiones directas	120,81 tCO2	20,13%
2. Emisiones indirectas	68,86 tCO2	11,47%
3. Otras emisiones indirectas	411,95 tCO2	68,63%
Emisiones totales	600,21 tCO2	100%

Tabla 13: Distribución de la HC por alcances 2017

Alcance	Emisión	Contribución a la HC
1. Emisiones directas	119,99 tCO2	19,99%
2. Emisiones indirectas	68,27 tCO2	11,37%
3. Otras emisiones indirectas	412,02	68,64%
Emisiones totales	600,28	100%

Al no manejar datos de movilidad del 2017, vamos a utilizar el mismo dato de movilidad del 2018, ya que de un año a otro no habrá variado mucho y así

poder hacer una valoración más concreta por alcances. En este caso podemos apreciar que la contribución a la huella de carbono por emisiones es prácticamente la misma en los dos años, por decir algo, podríamos mencionar que el consumo de gas y electricidad ha subido un poco en 2018, y el total de otras emisiones indirectas ha bajado muy poco.

4.5.1. Resumen de resultados

En esta tabla (14) además de por alcances se desglosa en fuentes de emisión y su respectiva emisión y contribución a la huella de carbono.

Tabla 14: Desglose De la HC por fuentes de emisión 2018

Alcance	Fuente de emisión	Emisión CO2	Contribución de la HC
1. Emisiones directas	Gas	120,81 tCO2	20,1%
2. Emisiones indirectas	Electricidad	68,86 tCO2	11,4%
3. Otras emisiones indirectas	Agua	0,37 tCO2	0,06%
	Construcción	137,76 tCO2	22,9%
	Papel	0,27 tCO2	0,04%
	Movilidad	273,55 tCO2	45,5%
Emisiones totales		601,62	100%

Tabla 15: Desglose De la HC por fuentes de emisión 2017

Alcance	Fuente de emisión	Emisión CO2	Contribución de la HC
1. Emisiones directas	Gas	119,99	19,99%
2. Emisiones indirectas	Electricidad	68,27	11,37%
3. Otras emisiones indirectas	Agua	0,42	0,07%
	Construcción	137,76	22,95%
	Papel	0,29	0,05%
	Movilidad	273,55	45,57%
Emisiones totales		600,28	100%

La principal fuente de emisión es la movilidad, casi genera la mitad de emisiones del total, el siguiente impacto más grande lo tiene la construcción de

edificios que casi abarca $\frac{1}{4}$ del total. Con un porcentaje muy parecido la siguiente fuente de emisión que más ha contribuido a la huella es el gas, que también tiene un valor muy significativo y le siguen la electricidad que también es de tener en cuenta este impacto, y con porcentajes muy bajos y muy poco significativos las fuentes de emisión que menos contribuyen a la huella son el papel y el agua.

4.5.2. Comparativa resultados 2017 y 2018

Para apreciar mejor los pequeños cambios en la emisión de CO₂ de ciertas fuentes, creamos una nueva tabla con los datos de emisión de cada año correspondiente.

Tabla 16: Comparativa de las fuentes de emisión años 2017/2018

Alcance	Fuente de emisión	Emisión CO ₂ /2017	Emisión CO ₂ /2018	
1. Emisiones directas	Gas	119,99	120,81 tCO ₂	↑
2. Emisiones indirectas	Electricidad	68,27	68,86 tCO ₂	↑
3. Otras emisiones indirectas	Agua	0,42	0,37 tCO ₂	↓
	Construcción	137,76	137,76 tCO ₂	=
	Papel	0,29	0,27 tCO ₂	↓
	Movilidad	273,55	273,55 tCO ₂	=
Emisiones totales		600,28	601,62	↑

Como apreciamos en esta nueva tabla 16, y como ya hemos comentado antes sobre las tablas 12 y 13, los resultados son prácticamente los mismos, y como hemos dicho antes en el alcance 3 (otras emisiones indirectas) las emisiones bajan muy poco en el 2018, principalmente se debe al consumo de agua y de papel que en 2018 tienen unos valores un poco más bajos. Aun así, emisión total es mayor en 2018, que se ve compensada por un mayor consumo de agua y electricidad.

Lo que me parece interesante resaltar son las emisiones debidas a la movilidad que manejan valores muy altos y a la construcción, que no varían de un año a otro (en movilidad por falta de datos, que hemos usado el mismo para

ambos años).

Tabla 17: HC per cápita 2017 y 2018

	2017	2018
Emisión	600,28	601,62
alumnos + personal	1009	992
HC per cápita	0,59 tCO2	0,61 tCO2

En esta tabla podemos apreciar y hacernos una idea de la contribución que tiene cada persona en la HC final. También se ve muy claro que la huella per cápita ha aumentado en 0,02 tCO₂/persona, es decir, tomando ese dato como media (0,59 tCO₂), diríamos que por persona aumenta la emisión de CO₂ 3,38% más (tCO₂) que el año pasado. Habría que ir más allá si quisiéramos saber la razón exacta de esa subida, pero con los datos que manejamos podríamos achacarlo a la reducción del número de alumnos/as en el consumo de gas y electricidad: si iluminas y calientas lo equivalente al año pasado para un menor número de personas el dato de consumo medio sube. Aunque que en este caso no es la única razón porque, como se aprecia en la tabla, la HC total también ha aumentado.

5. Conclusiones

La toma de conciencia, especialmente desde la década de 1970, de los límites materiales sobre los que se ha sostenido el crecimiento económico, abrió uno de los debates más importantes del S XX: el de los límites del crecimiento o el de si es posible mantener dicho crecimiento sobre la base de un consumo de recursos naturales cada vez más deteriorado. En el Informe Brundtland se introduce por primera vez el concepto de “desarrollo sostenible”, entendido como aquel “que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. Este término ha sido de controversia y debate, dado que el planteamiento de hacer más sostenible el desarrollo económico es ambivalente, a la vez que la

falta de claridad con la que se maneja este término induce a que apenas se contribuya a reconvertir la sociedad industrial hacia procesos de producción y consumo más sostenibles.

El debate está lejos de haberse cerrado. Algunos autores siguen alertando de que este problema condicionará la expansión económica mundial en el futuro, generando nuevos conflictos, escasez de recursos y un inevitable proceso de decrecimiento. Otros sostienen que este proceso puede continuar por la vía de nuevas salidas tecnológicas, mejoras de eficiencia o por el desarrollo de sectores económicos menos extractivos. La noción de desmaterialización constituye una de las ideas más recurrentes para abordar este problema. Sin embargo, hay sobradas razones para creer que la caída en la intensidad material o energética no implica necesariamente una mejor salud ecológica: aunque el PIB se expanda más rápidamente que el impacto ambiental éste último puede estar creciendo en términos absolutos y, por otro lado, asociar el impacto ambiental al PIB implica, de alguna forma, darle carta de naturaleza como indicador de progreso social.

El cambio climático constituye una de las mayores evidencias de que nuestros modos de producción y consumos no resultan sostenibles. El calentamiento en el sistema climático es inequívoco y, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. Este cambio se debe principalmente a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), siendo el más abundante el dióxido de carbono (CO₂), resultado de la quema de combustibles fósiles. Entre otros aspectos del cambio climático destacar los impactos directos en los sistemas naturales y los efectos directos e indirectos sobre los sistemas humanos, como la salud humana, la seguridad alimentaria y la seguridad de las condiciones sociales.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático finalizó en 2014 el Quinto Informe de Evaluación en el que se pronostica un impacto potencial preocupante y se predice falta de agua potable, grandes cambios en las condiciones para la producción de alimentos y un aumento en los índices de mortalidad debido a inundaciones, tormentas, sequías y olas de calor. En definitiva, el cambio climático no es un fenómeno sólo ambiental sino de

profundas consecuencias económicas y sociales.

Las Naciones Unidas y sus Estados Miembros, conscientes de la gravedad de este problema mundial, tal como lo ha presentado la comunidad científica, han emprendido diferentes iniciativas para hacerle frente a nivel mundial. En 1992, en la conferencia de Río de Janeiro se adoptó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), cuyo principal objetivo se estableció en “la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero”. Pero, a día de hoy, enfrentar el cambio climático, exige una drástica reducción del uso de combustibles fósiles, principal fuente de emisión de gases de efecto invernadero.

La huella de carbono es un indicador ambiental que permite cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero que son liberados a la atmósfera como consecuencia de una actividad determinada, bien sea la actividad necesaria para la fabricación de un producto, para la prestación de un servicio, o para el funcionamiento de una organización. En el caso de la huella de carbono enfocada a producto, que es la que vamos a utilizar en el cálculo, recopilar los datos referentes a los consumos de una organización y convertirlos a emisiones de CO₂ o emisiones de CO₂ equivalentes con el fin de contar con un inventario de emisiones lo más completo posible.

Pasamos a analizar el cálculo de la HC de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU),

En cuanto a la HC podríamos hacer un desglose por alcances y fuentes de emisión, podemos apreciar que en el apartado de otras emisiones indirectas casi contribuye en un 70% a la HC total, dentro de este apartado destacar que el 45,5% se debe a la movilidad. La otra fuente que más contribuye después de la movilidad, es la construcción de edificios con un 22,9% y con consumos muchos más bajos, prácticamente insignificantes están el agua y el papel, dentro del alcance 3.

Teniendo en cuenta el alcance (2) de emisiones indirectas, más de una décima parte de la HC total proviene de la electricidad, que generalmente se debe a la iluminación y el consumo procedente de equipos informáticos y demás.

Y en cuanto a las emisiones directas, el gas abarca una quinta parte del total, un valor muy significativo de la HC total. Se debe prácticamente el 100% de ese consumo a la calefacción.

Como suele suceder en los centros universitarios, la fuente de emisión que más contribuye a la HC de la ETS de Arquitectura de la UPV/EHU es la movilidad, con un 45,5% del total; es decir, prácticamente la mitad de la HC se atribuye a la movilidad, fundamentalmente por el uso del automóvil y el autobús. Pero lo que hay que resaltar es que el 56% de la HC de la movilidad se debe a los desplazamientos en automóvil; es decir, que casi un 25% de la huella del total está directamente relacionada con 113 personas entre profesores y estudiantes que representan el 11% del total. Si tenemos en cuenta el autobús, 28 empleados y 249 estudiantes se desplazan en él. Más o menos un 33% de la HC de movilidad se debe al autobús, que lo utilizan en términos porcentuales el 28% de quienes se desplazan hasta ese centro. El resto de la HC por movilidad se reparte entre la moto y el tren, que son medios muy poco demandados aquí.

Dado que la movilidad es la fuente de emisión de mayor impacto en la HC, sería conveniente hacer un estudio o un plan de sensibilización con el fin de concienciarnos y con el objetivo de reducir esas emisiones. Creo que la población universitaria no es consciente de las emisiones que genera por el “egoísmo” o la comodidad de algunos y por la incapacidad de otros de no compartir o de no buscar otro medio de transporte de menor impacto con el fin de reducir las emisiones de CO₂.

Comparativa resultados 2017 y 2018. Como hemos podido apreciar en tablas anteriores, concretamente en la tabla 16, los resultados varían muy poco de un año a otro y la HC solo ha aumentado un 0,22%.

El consumo de agua y papel bajan del año 2017 al 2018, la diferencia es muy pequeña, aunque también es algo normal porque el número de personas también es menor. En cuanto al consumo de gas y electricidad han subido, también en valores muy pequeños, pero, aun así, llama la atención que habiendo menos personas el consumo suba, la explicación puede ser que los alumnos de este año o consuman más, o estén haciendo un mal uso de dichos recursos.

(También podría deberse algún otro incidente, pero la causa concreta no la podemos determinar)

Aun así, la HC del 2018 es mayor, solo un 0,22%, pero teniendo en cuenta que el número de personas es menor, deducimos que la huella per cápita ha subido, al igual que el consumo de gas y electricidad, no podemos achacárselo a algo concreto, pero si podemos decir que la HC total del 2018 ha aumentado y que el número de personas es menor, es decir, que la emisión per cápita ha subido.

Lo que me parece interesante resaltar son las emisiones debidas a la movilidad que manejan valores muy altos y a la construcción, que no varían de un año a otro (en movilidad por falta de datos, que hemos usado el mismo para ambos años).

Como hemos apreciado en este TFG, a lo largo de este estudio, nos damos cuenta de que las actividades universitarias diarias tienen una repercusión ambiental que, desde luego, yo no me esperaba, aunque con un correcto y moderado uso de los recursos de que se dispone es posible reducir este impacto que nos ha resultado tan llamativo.

6. Bibliografía

- Asociación Española para la calidad, Gestión de la calidad y gestión medioambiental. (2011) Fundamentos, herramientas, normas ISO. Editorial Pirámide, España.
- Bermejo, Roberto; Arto, Iñaki; Hoyos, David y Garmendia, Eneko. (2010) Menos es más, del desarrollo sostenible al decrecimiento sostenible. Hegoa, Bilbao.
- Brundtlan et al, Gro Harlem. (1987) Informe Brundtlan. ONU.
- Casadesus, Marti. (2005) How integrated are enviromental quality and other standardized management systems. Editorial Elvesier.
- Carballo, A.; García Negro, M.C.; Doménech, J.L. et al. (2008) La huella

ecológica corporativa concepto y aplicación a dos empresas pesqueras de Galicia. Revista Galega de Economía, vol. 17, núm. 2.

- Claver, Enrique. (2010) Sustainable development and intangibles. ERP Enviroment
- Conesa, Vicente. (2006) Guía metodológica para la evaluación el impacto ambiental. Mundi prensa, España.
- Domenech, Juan Luis; De la Cruz Leiva, José Luis y Carballo, Adolfo. (2010) Enfoques metodológicos para el cálculo de la huella de carbono. Observatorio de la sostenibilidad en España.
- Domenech, Juan Luis. (2007) Gestión de la huella de carbono de los productos.
- Domenech, Juan Luis. (2007) Huella ecológica y desarrollo sostenible. AENOR.
- El PAÍS, Editorial (24/06/2019). Falta de ambición.
- Nuño, Tatiana. (2016) Galde, Cumbre Climáticas de Berlín a Marrakech.
- Gilbertson, Tamara y Reyes, Oscar. (2006) El mercado de emisiones como funciona y porque fracasa. Carbón Trade Watch, Bolivia.
- Gobierno Vasco. (2009) Análisis del ciclo de vida y huella de carbono. Ihobe.
- Grupo intergubernamental de expertos 5º informe de evaluación (Cambio climático 2014 impactos adaptación y vulnerabilidad IPCC).
- Infante Amate, Juan. (2013) La desmaterialización de la economía mundial a debate. Consumo de recursos y crecimiento económico (1980-2008). Revista de Economía Crítica, nº18, segundo semestre 2014.
- Meadows, Donella. (1972) Los límites del crecimiento. FCE, México.
- Naredo, José Manuel. (1996) Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible. Revista documentación social, Madrid.
- Pinto, Teguayco. (2017) El País, Consecuencias de la salida de EEUU del acuerdo climático.
- Planelles, Manuel. (2016) El País, Acuerdo de Paris; claves del pacto sobre el

cambio climático.

- Quiroga, Rayen. (2001) Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas. Cepal, Santiago de Chile.
- Vergés, Joaquín. (2009) Protocolo de Kyoto, y el mercado de emisiones de CO2. Universidad autónoma de Barcelona.

Otros recursos:

https://www.eldiario.es/sociedad/Acuerdo_de_Paris-Trump-cambio_climatico_0_649535983.html

<https://data.footprintnetwork.org/#/countryTrends?cn=5001&type=BCtot,EF Ctot>

<http://data.footprintnetwork.org/#/compareCountries?cn=all&type=EFCpc&y r=2014>

<https://2c.ggcc.upc.edu/2oc/el-mjc-escenarios/>

7. Índice de gráficos

Gráfico 1: Emisiones absolutas anuales en MtCO2. 1990	12
Gráfico 2: Emisiones absolutas anuales en MtCO2 (2005).....	13
Gráfico 3: Emisiones absolutas anuales en MtCO2 (2016).....	13
Gráfico 4: Reparto de las emisiones acumuladas (1971-2010).....	15
Gráfico 5: Reparto del Presupuesto Global de Carbono (2011-2050).....	15
Gráfico 6: precios derechos emisión CO2 (2008-2019)	22
Gráfico 7: Déficit ecológico mundial (1960-2016).....	29
Gráfico 8: Países de mayor HE per cápita (2014).....	30
Gráfico 9: Países de HE per cápita más reducida (2014)	31
Gráfico 10: Países de mayor HE total (2014)	31

8. Índice de tablas

Tabla 1: Consumo de gas.....	43
Tabla 2: Consumo eléctrico	43
Tabla 3: Consumo agua	44

Tabla 4: Construcción de edificios	44
Tabla 5: Movilidad alumnos	45
Tabla 6: Movilidad personal (PDI+PAS)	45
Tabla 7: Consumo papel.....	46
Tabla 8: Fuentes y factores de emisión.....	47
Tabla 9: Huella de carbono alcance 1	48
Tabla 10: Huella de carbono alcance 2	48
Tabla 11: Huella de carbono alcance 3	48
Tabla 12: Distribución de la HC por alcances 2018.....	49
Tabla 13: Distribución de la HC por alcances 2017.....	49
Tabla 14: Desglose De la HC por fuentes de emisión 2018.....	50
Tabla 15: Desglose De la HC por fuentes de emisión 2017	50
Tabla 16: Comparativa de las fuentes de emisión años 2017/2018.....	51
Tabla 17: HC per cápita 2017 y 2018	52