



**Consumo Energético y Emisiones asociadas a los  
materiales de construcción.  
Acero y Cemento en Venezuela**

**Autor:** Jose Zapata Nieves

**Institución:** Universidad Nacional Experimental del Táchira

## Resumen

Los aportes se centran en los resultados arrojados por una aproximación al estado actual del ámbito energético y sus tendencias a mediano plazo, en el sector construcción de Venezuela, específicamente en cuanto a consumos de energía y emisiones asociadas. Es por ello que una vez estudiado previamente el escenario energético, así como el comportamiento del sector construcción en términos de emisiones asociadas, se detectaron dos materiales (cemento y acero) sobre los que se centro la investigación.

Este estudio permitió precisar parámetros muy importantes: a.) la cantidad de acero y cemento utilizado en una vivienda, la cual cuenta con el valor añadido de haber sido diseñada bajo directrices y parámetros de bioclimatismo; y b.) la importancia que revisten los agregados como materiales de uso tan intensivo como el cemento y el acero, lo que los convierte en un factor de estudio de gran importancia para la continuidad del proyecto en su producto final: el instrumento de medición.

En este orden de ideas, los agregados representan en su conjunto un 70% en peso del material requerido para la vivienda, corroborando el papel fundamental e intensivo de la utilización del hormigón como elemento básico en el sistema tradicional de común uso en la construcción venezolana. En cuanto a los materiales que ocupan la atención de esta investigación, el cemento se sitúa con un 12% equivalente a 266 kg/m<sup>2</sup>; el acero representa un 2%, lo cual indica que cada metro cuadrado demanda 53 kg, constituido por barras para refuerzo del hormigón básicamente. Parece poco, pero la necesidad por vivienda alcanza 5,7 Toneladas.

Al relacionar estas cifras con las obtenidas de la aproximación energética para la fabricación de acero y cemento en Venezuela, podemos indicar que solo por el uso de acero, la vivienda estudiada involucra un consumo total de 6,64 MWh, cercano a 61 kWh por metro cuadrado (kWh/m<sup>2</sup>). En lo que respecta a emisiones, ya estarían generadas 10,38 Ton de CO<sub>2</sub> por el uso de las barras de acero. Si estos datos los extrapolamos a las cifras de construcción en Venezuela, en el año 2010 la construcción de viviendas involucró 496,8 GWh, de los cuales 252,4 GWh obedecen al uso de cemento y 244,3 GWh al acero. Las emisiones alcanzaron 1,07 Millones de Ton de CO<sub>2</sub>, lo que representa menos del 1% del total del país.

**Palabras claves:** Materiales; Energía; Emisiones

## Desarrollo.

El estudio de la problemática medioambiental, referida particularmente a los impactos originados por la actividad constructora en tanto a emisiones y consumo de energías, resulta conveniente hacerlo desde un enfoque regional, dadas las características comunes existentes en los países latinoamericanos y en sus modelos de desarrollo esencialmente depredadores del ambiente.

Tradicionalmente, la actividad de edificar se ha vinculado a la problemática ambiental considerando como único aspecto perjudicial y contaminante la generación de residuos, que comúnmente están presentes y en grandes volúmenes, simplificando el problema solo en cuanto a su destino y disposición final. Es a raíz de las cada vez mayores y continuas crisis en materia de disponibilidad y precios de la energía, así como de los elevados niveles de gases de efecto invernadero emitidos, que se ha comenzado a observar al sector construcción desde una óptica más global, donde se involucran las emisiones y consumos energéticos en cada una de las fases que abarcan sus procesos, estudiando cada etapa de su ciclo de vida. En el campo de la arquitectura y la construcción, el sector vivienda comporta altos índices de consumo energético, y con ello, uno de los grupos que mayores emisiones de CO<sub>2</sub> aporta a la atmosfera. En este sentido se desarrollan constantemente investigaciones encaminadas a generar alternativas que permitan iniciar el restablecimiento del equilibrio energético, y es allí donde las fuentes de energías renovables han pasado a ocupar un lugar privilegiado en el mix energético, pudiendo ser consideradas para cubrir las necesidades energéticas en los hogares a partir de fuentes alternativas.

La finalidad de esta investigación consiste en realizar una aproximación al estado actual del ámbito energético y sus tendencias a mediano plazo, en el sector construcción de Venezuela. Esto se enmarca dentro de fases consecutivas posteriores que conlleven paralelamente a la conformación de un instrumento de medición cuantitativa de los diferentes impactos medioambientales a nivel de consumo energético y de generación de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>), ocasionados por el ámbito de la edificación de nueva data, así como de las reformas en los edificios existentes.

La concreción de esta evaluación inicial requiere distinguir algunas actividades precisas que conllevarán metas parciales orientadas a culminar la totalidad de la investigación, a saber: Identificar los tipos y volúmenes de edificaciones que se construyen en Venezuela, compilando datos estadísticos del sector público y privado. Registrar la producción nacional de los principales materiales de construcción, así como los sistemas de fabricación enfocados en los ciclos energéticos involucrados. Reconocer las emisiones de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>) vinculadas al sector de la industria de la construcción venezolana, identificando a su vez posibles actuaciones con estrategias sostenibles en cada uno de los aspectos involucrados en la arquitectura y la construcción (vale decir la Planificación Urbana Sostenible, el Diseño Arquitectónico Sostenible y la Construcción Sostenible), desde un enfoque que tenga como premisas la reducción del consumo energético y la consiguiente disminución de emisiones contaminantes.

Al tratarse de un enfoque más ambicioso, una vez concluidas todas las fases del proyecto global, el principal beneficio estaría representado por el aporte de las bases para consolidar un instrumento de medición cuantitativa de aspectos hasta hoy relegados, como es el caso del sistema energético que toma parte activa en la arquitectura y la construcción, optimizando el consumo de energía del sector y contribuyendo con esto a la búsqueda de un equilibrio de generación y consumo en el sector eléctrico nacional, tarea que nunca antes como hoy se ha convertido en una prioridad para el desarrollo óptimo del país.

Esta primera fase del trabajo se enmarca en un tipo de investigación exploratoria y descriptiva, centrando el proceso para el desarrollo del marco conceptual y referencial de la propuesta en un método inductivo que involucra observación sistemática del panorama en materia energética vigente en Venezuela; contempla procesos deductivos e inferenciales basados en revisión bibliográfica, investigación directa en biblioteca, consultas en medios electrónicos y en bases de datos, consulta en empresas productoras de materiales y procesamiento de la información, así como una continua revisión y discusión de los avances parciales. Se incorporan cálculos con base a datos estadísticos y valores estándar aplicables a los diversos casos de estudio, conducentes a establecer particularidades del comportamiento energético y de emisiones que permitan establecer las bases de medición.

Está comprobado que el suministro de cualquier materia prima no es infinito, ofreciendo la naturaleza una disponibilidad limitada en sus fuentes y yacimientos, por lo que no es posible utilizar en la construcción todos los materiales que queramos sin afectar la disponibilidad y la posibilidad de recuperación natural.

Adicionalmente, las cifras del crecimiento poblacional son concluyentes: la humanidad supera los límites del planeta, como consecuencia de la forma de gestionar y repartir los recursos naturales, reflejándose en un gran desequilibrio mundial, donde el 20% de la población consume el 80% de los recursos.

### El Cemento y el Acero.

De acuerdo al World Business Council for Sustainable Development (Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible), para el 2009, el índice mundial específico de emisiones de CO<sub>2</sub> fue de 679 kg de CO<sub>2</sub> por tonelada de cemento, con ligeras variaciones según la eficiencia de las tecnologías aplicadas alrededor del mundo (desde 650 kg hasta 920 kg); así mismo, las emisiones globales por producción de cemento alcanzan 8% del total mundial, lo que representa 2,45 GTon de CO<sub>2</sub>. Con este valor como referencia podemos indicar que la industria cementera venezolana se encuentra en un 5% por debajo de este rango, al tener un valor de 650 kg de CO<sub>2</sub> por Ton; en el caso de España, el valor indica 515 kg de CO<sub>2</sub> por Ton (24% inferior a la media mundial). Esto se relaciona directamente con la favorable composición del mix energético, según los valores obtenidos del análisis. Además influye decididamente en limitar las emisiones por energía consumida. Es importante aclarar que el cálculo involucra las fases que consumen energía de forma directa (térmica o eléctrica) las cuales alcanzan un 48% del total, siendo el restante valor por emisiones propias de los procesos de calcinación y horneado (y de las cuales no existen registros de mediciones fiables).

A título comparativo los valores obtenidos para la producción cementera en Venezuela y España indican que, para un requerimiento eléctrico medio de 0,11 MWh por tonelada para el cemento y 0,12 MWh para la producción de clínker, la industria cementera venezolana demanda una energía de 0,662 bep/Ton y de electricidad 0,236 MWh/Ton; esto representa en el caso de Venezuela 3,3% del total de energía consumida por el sector Industrial, y 1,52% del consumo total del país; para España esos valores son 4,75% de la energía total y el 2,09% de la demanda nacional, bajo las cifras obtenidas de 0,505 bep/Ton y 0,206 MWh/Ton respectivamente. Respecto a la participación de la industria cementera en el total de emisiones del país, en Venezuela para el 2010 representó el 2,8%, mientras que para España fue de 3,94%, en ambos casos por debajo de la media para el mundo (8%).

Considerando las mismas directrices utilizadas en la aproximación energética y de emisiones realizada a la industria del cemento, los resultados arrojados en el caso del acero guardan similitudes en cuanto a la vinculación de los escenarios productivos con el contexto energético particular de cada país.

En el caso venezolano, las cifras del consumo eléctrico de la industria del acero, son controladas diariamente por la principal empresa del sector, Siderúrgica del Orinoco (Sidor); este control ha surgido como una necesidad a raíz de la problemática energética manifestada a partir del año 2009. Para ello, Sidor ha desarrollado un monitoreo en tiempo real de cada uno de sus procesos, controlando de forma efectiva sus consumos y potenciales demandas. De este monitoreo se desprende que el consumo eléctrico específico para la producción de barras de acero es 2,967 MWh por tonelada. En el caso español, el valor ronda los 2,871 MWh. Los cálculos realizados arrojan un requerimiento de 3,09% del total de electricidad consumida por el sector industrial y apenas un 1,42% de la consumida en Venezuela, mientras que en España se ubica en 13,42% y 5,92% respectivamente.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> presentan algunas diferencias con los valores estándar para la industria, los cuales se mantienen en 1,80 Ton de CO<sub>2</sub>/Ton; para Venezuela se registra 1,60 Ton CO<sub>2</sub> por tonelada de acero, un 22% por debajo, y 1,82 Ton de CO<sub>2</sub>/Ton en lo que respecta a la fabricación de barras; para la península ibérica alcanzó 1,61 Ton CO<sub>2</sub> por tonelada de acero y 2,21 Ton de CO<sub>2</sub>/Ton de barras (22% superior a la media mundial). Esto es igual a 2,13% y 8,21% del total de sus respectivas emisiones.

Con la finalidad de establecer un marco de referencia que sirva como base para reflejar los aspectos estudiados (consumo energético y emisiones de CO<sub>2</sub>) del cemento y el acero, y conociendo que las viviendas constituyen el principal volumen de las obras que se ejecutan, en el país se referencia el caso del prototipo de Vivienda Bioclimática denominado VBP-1, diseñado por el Instituto de Investigación de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad del Zulia, en Maracaibo, estado Zulia en Venezuela. La razón principal de esa escogencia responde a que este prototipo surge como una alternativa de solución integral arquitectónica y constructiva, aplicada como “aproximación bioclimática a la construcción de una vivienda en el clima tropical cálido húmedo” (Ramírez y Huete, 2008), condición climatológica característica en muchas zonas geográficas venezolanas. A este caso se le aplicaron estrategias y técnicas de acondicionamiento natural, empleando sistemas pasivos de climatización, para generar una propuesta de 109,03 m<sup>2</sup>. Adicionalmente se estudiaron los aspectos constructivos respecto al consumo de recursos materiales y la estimación de residuos producidos.

Este estudio permite precisar parámetros muy importantes: a.) la cantidad de acero y cemento utilizado en una vivienda, la cual cuenta con el valor añadido de haber sido diseñada bajo directrices y parámetros de bioclimatismo; y b.) la importancia que revisten los agregados como materiales de uso tan intensivo como el cemento y el acero, lo que los convierte en un factor de estudio de gran importancia para la continuidad del proyecto en su producto final: el instrumento de medición.

En este orden de ideas, los agregados representan en su conjunto un 70% en peso del material requerido para la vivienda, corroborando el papel fundamental e intensivo de la utilización del hormigón como elemento básico en el sistema tradicional de común uso en la construcción venezolana. En cuanto a los materiales que ocupan la atención de esta investigación, el cemento se sitúa con un 12% equivalente a 266 kg/m<sup>2</sup>; el acero representa un 2%, lo cual indica que cada metro cuadrado demanda 53 kg, constituido por barras para refuerzo del concreto básicamente, con una necesidad por vivienda que alcanza 5,7 Toneladas.

Al relacionar estas cifras con las obtenidas de la aproximación energética para la fabricación de acero y cemento en Venezuela, podemos indicar que solo por el uso de acero, la vivienda estudiada involucra un consumo total de 6,64 MWh, cercano a 61 kWh por metro cuadrado (kWh/m<sup>2</sup>). En lo que respecta a emisiones, ya estarían generadas 10,38 Ton de CO<sub>2</sub> por el uso de las barras de acero.

Si estos datos los extrapolamos a las cifras de construcción en Venezuela, en el año 2010 la construcción de viviendas involucró 496,8 GWh, de los cuales 252,4 GWh obedecen al uso de cemento y 244,3 GWh al acero. Las emisiones alcanzaron 1,07 Millones de Ton de CO<sub>2</sub>, lo que representa menos del 1% del total del país.

Es importante recordar que estos volúmenes estimados de superficie a construir, con base en el contexto venezolano, solo representan el 40% de las viviendas, pues son las que encajan dentro del sector formal del sistema. Pero, si en estas cifras incorporamos el 60% restante que constituye la construcción informal que también sustenta su actividad en el uso de estos mismos materiales, los resultados se abultan considerablemente, alcanzando 1.242 GWh de necesidad energética y 2,7 Millones de Ton de emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente. Para el año 2011 se estimó la construcción de 150.000 viviendas, lo que arroja una superficie de 10,35 millones de m<sup>2</sup>; de mantenerse estos valores, ese número de viviendas involucró un consumo de 1.282 GWh y emisiones por el orden de 2,8 Millones de Ton CO<sub>2</sub>.

Otro panorama lo ofrece el área total de piso a construir en el futuro inmediato, como referencia de la actividad en el sector de edificios, marcando la tendencia de lo que podríamos definir como intensidad energética futura dentro del sector. Para ello, y valiéndonos de las cifras ofrecidas por la Cámara Venezolana de la Construcción (CVC), se presenta el 2011 como un año que ameritaba incorporar 335.570 viviendas nuevas, incluyendo en esta cifra las que estaban por iniciarse, las que estaban en plena construcción y las que estaban paralizadas; el global representa cerca de 23,15 millones de m<sup>2</sup>. Las cifras de consumo energético y emisiones son claras y contundentes: 2.870 GWh y 6,2 Millones de Ton de CO<sub>2</sub>, solo en lo que respecta a la producción de dos (2) materiales de construcción.

De manera puntual, los agregados como materiales de comprobado uso intensivo como el cemento y el acero, se convierten en un factor de revisión de gran importancia para la continuidad de esta iniciativa, requiriendo acometer los estudios conducentes a determinar sus dinámicas energéticas y de impacto ambiental.

La mayor parte del progreso inmediato que se puede conseguir para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero consiste en utilizar los combustibles fósiles de manera más eficiente. Los ahorros conseguidos de esta manera permitirán ganar tiempo para el sistema climático mundial mientras se desarrollan más tecnologías alternativas y se consigue hacerlas rentables. La industria de la construcción que produce más del 40% de las emisiones mundiales de dióxido de carbono, puede beneficiarse con una mejor gestión de la energía y una mayor eficiencia en los procesos de manufactura.

### Conclusiones.

El sector construcción venezolano y su dinámica se analizó bajo una óptica que permitió unificar aspectos específicos, pero a través de enfoques globales a niveles de macro y micro escala. Éste análisis sirvió para establecer parámetros básicos para la aproximación dentro de los campos energético y ambiental, que posteriormente sirvieron como plataforma para consolidar una necesaria caracterización, y una posterior comparación respecto a estos sectores en países referenciales.

Fue posible generar una aproximación a las condiciones y particularidades que presenta la matriz energética de Venezuela, mostrando las similitudes y diferencias en cuanto a los países de la región y del resto del mundo. Esto a su vez sirvió para destacar el vínculo existente entre las formas de generación de energía y las consecuencias degradadoras del medio ambiente que originan.

Adicionalmente, se estableció con un adecuado grado de fiabilidad la relación del sector energético con el campo de la construcción, permitiendo detectar la dinámica energética de la producción de los materiales de más común uso en las edificaciones, así como un acercamiento a cifras de tipos y volúmenes de obras ejecutadas en el pasado reciente.

La determinación de las implicaciones energéticas y de emisiones se basó solo en los consumos energéticos de las fases de producción, y en consecuencia podemos establecer un panorama de requerimientos de electricidad, así como potenciales impactos ambientales como las emisiones de CO<sub>2</sub> en dichos procesos reflejándolos solo en la construcción de los edificios.

El componente energético venezolano presenta condiciones muy ventajosas, al desarrollarse en un contexto en el que puede disponer de recursos naturales, tanto de origen fósil (el petróleo), como de fuentes renovables. Esto se traduce en una matriz energética de relativo bajo impacto, comparable con la de países europeos, como el caso de España, aun sin contar con la capacidad de generación con fuentes renovables que compone ese mix eléctrico. Ambientalmente, esta ventaja comparativa se ve minimizada ante el uso intensivo de combustibles derivados del petróleo en otros sectores vitales para la sociedad, como el caso del transporte. Aquí juegan un papel fundamental los importantes subsidios económicos por parte del Estado a los combustibles fósiles, práctica común en todo el mundo. Esto potencia el consumo y derroche de estos combustibles, y simultáneamente limita la implantación y desarrollo de fuentes alternativas de energía, donde el país presenta múltiples potencialidades; dichas

subvenciones llegan a superar el apoyo a las energías renovables en una proporción de 12:1, lo cual aunado a la carencia de sustento jurídico e incentivos económicos, complica y aleja las oportunidades de consolidar una industria de energías limpias en Venezuela.

#### Materiales.

El sector de edificios (construcciones en general) ofrece grandes potenciales para el ahorro de energía eléctrica y de emisiones, presentando una característica que lo distingue, al ser un sector marcadamente longevo, que se traduce en que las decisiones de diseño y construcción de los edificios actuales influyen el uso de energía por muchas décadas, y definen patrones de comportamiento regionales.

Este tipo de iniciativas de investigación en la construcción permitirá elaborar progresivamente una base de datos para registrar la evolución resultante en términos de la intensidad energética en las edificaciones en su etapa constructiva, posibilitando además un seguimiento durante su uso, y verificando la existencia de aumentos de la demanda de electricidad por unidad de superficie de piso construida; además, es posible detectar las posibles causas de estas variaciones, como por ejemplo un aumento de la utilización de aparatos eléctricos, sistemas ineficientes de iluminación y acondicionamiento de aire, pudiendo establecer estrategias para contrarrestarla parcialmente o totalmente. Otra variable importante a considerar es la dinámica de las superficies construidas según el uso final.

#### Cemento y Acero.

Las principales opciones a considerar para disminuir, o al menos detener el incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la producción de cemento deben centrarse en tres grandes aspectos: aumentar la eficiencia del proceso, disminuyendo el consumo de combustibles; incorporar la utilización de combustibles de más bajo contenido de carbono, y extender el clínker usando adiciones activas o inertes, que son añadidas en fábrica o a la hora de utilizar el cemento. Desarrollar e implementar de forma práctica soluciones de este tipo puede convertirse en una prioridad máxima para la humanidad en los próximos años, impulsadas a nivel estatal, y convertidas en líneas de acción prioritarias de la industria del cemento.

Sobre el sector siderúrgico venezolano ya existe una importante ventaja comparativa, al disponer de tecnologías alimentadas básicamente por energía eléctrica, la cual como ya se ha visto, presenta un notable bajo impacto, al prevalecer dentro del mix energético los aportes de una importante fuente limpia como la hidrogenación.

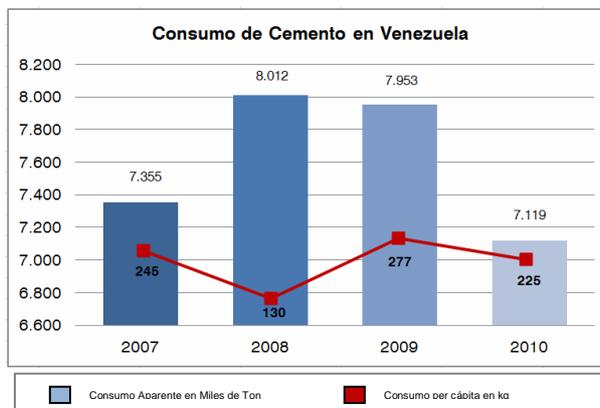


Figura 1. Consumo per cápita y aparente de cemento en Venezuela, 2007 - 2010. (kg). Elaboración propia, a partir de datos de la Corporación Socialista de Cemento.

En Venezuela, entre las características de la industria cementera destaca una producción de 7,38 Mton anuales para el año 2010, con una tendencia de retracción en el último año en el orden de 18,5%; en lo que respecta al mercado interno, se manifiesta un comportamiento inverso al crecimiento reflejado en ALC, reportando en 2010 ventas por el orden de 7,12 millones de toneladas, una contracción de 10,5% frente al 2009 cuando se vendieron 7,95 millones de toneladas; el consumo per cápita refleja la misma tendencia, con valores para el 2010 de 225 kg por habitante, frente a los 277 kg del año 2009 (Figura 1).

Respecto al acero, el consumo per cápita latinoamericano ronda los 122,6 kg para el 2010; el mayor índice lo tiene México con 174,6 kg, seguido por Chile con 173,7; Argentina con 127,4 kg, y Venezuela con 102,0 kg. (Figura 2).

Las ventas internas venezolanas de barras de acero para hormigón en el año 2010 rondaron las 550.000 Ton, un 21% del total de la producción de acero, pero cerca de 200.000 Ton menos que el año anterior (Figura 3).

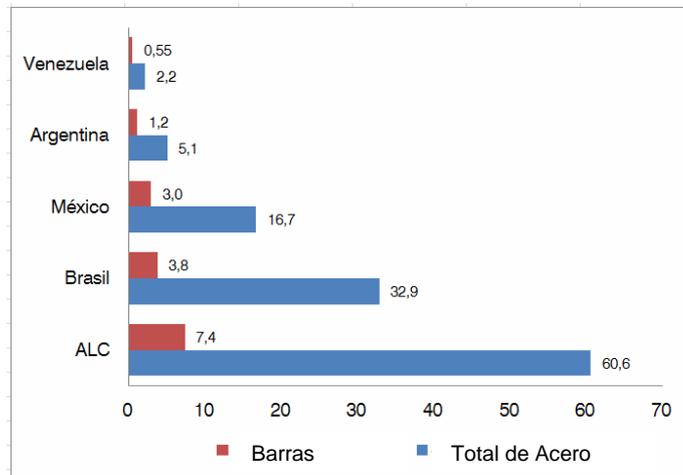


Figura 2. Producción de acero en ALC, 2010. (MTon). Elaboración propia, a partir de datos de Worldsteel Association Steel Statistical Yearbook, 2011.

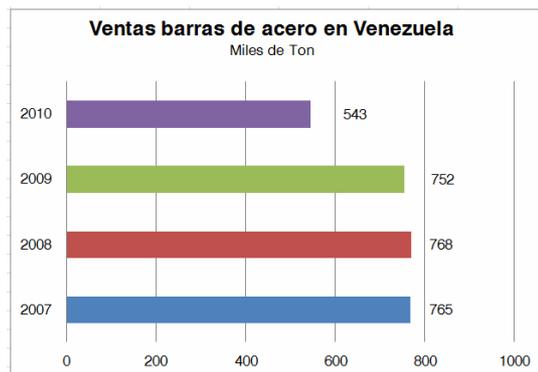


Figura 3. Ventas de barras de acero en Venezuela, 2007 - 2010. (Miles de Ton)  
Elaboración propia, a partir de datos de Instituto Venezolano de Siderurgia (IVES) y Banco Central de Venezuela BCV, Reporte 2010.

De acuerdo a la conformación del sistema de generación eléctrica, Venezuela concentra sus emisiones en el sector termoeléctrico, estimando emisiones anuales que rondan las 21,9 MTon de CO<sub>2</sub>, lo que representa un 12,8% del total de emisiones del país. La distribución por sectores se refleja en la Figura 4.

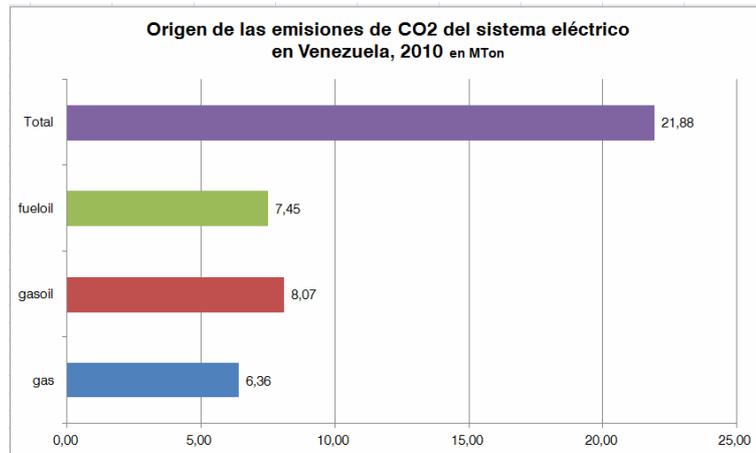


Figura 4. Origen de las emisiones de CO<sub>2</sub> del sistema eléctrico en Venezuela, 2010. (MTon). Elaboración propia, a partir de datos de Sistema Eléctrico Nacional, Informe Anual 2010; Ministerio para la Energía Eléctrica.

De este cálculo se desprende que el factor de emisiones del sector eléctrico es de 0,1897 Ton de CO<sub>2</sub> por cada MWh (Ton/MWh). Esta cifra empieza a revestir importancia al cotejarla con valores estándar de otras naciones (Tabla 1), de lo que se desprende que el sistema venezolano presenta un potencial de impacto ambiental reducido, considerando la diferencia de emisiones en valores máximos.

País	Factor de Emisión (Ton CO <sub>2</sub> /MWh)
Argentina	0,453
México	0,505
Brasil	0,252
EEUU	0,585
España <sup>1</sup>	0,209
Sudáfrica	1,122
Chile	0,495
UE media	0,353
Venezuela <sup>1</sup>	0,189
Alemania	0,624

Tabla 1. Factores estándar de emisiones de CO<sub>2</sub> de algunos países, 2009. (Ton/MWh)  
 1. España y Venezuela, cifras del 2010. Elaboración propia, a partir de datos del IPCC.

Adicionalmente se debe resaltar la importancia capital del predominio de técnicas de generación hidroeléctrica, lo cual le imprime una fortaleza en las emisiones que se dejan de generar; si se utilizara la combustión de fueloil para obtener esa fracción de electricidad, las emisiones adicionales representarían un 34% del total para 2010, o lo que es lo mismo 57,4 MTON de CO<sub>2</sub>. La Figura 5 resume estos potenciales ahorros.

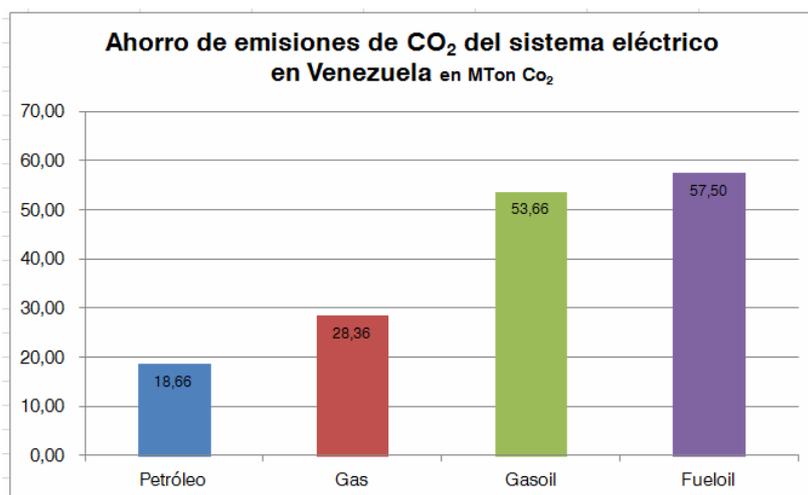


Figura 5. Ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> del sistema eléctrico en Venezuela respecto a otras tecnologías, 2010. (%)  
 Elaboración propia, a partir de datos de Sistema Eléctrico Nacional, Informe Anual 2010; Ministerio para la Energía Eléctrica.

Para el 2009, en el sector cementero el índice mundial específico de emisiones de CO<sub>2</sub> fue de 679 kg de CO<sub>2</sub> por tonelada de cemento, con ligeras variaciones. Podemos indicar que la industria cementera venezolana se encuentra en un 5% por debajo de este rango (Figura 6), al tener un valor de 650 kg de CO<sub>2</sub> por Ton. Esto se relaciona directamente con la favorable composición del mix energético, según los valores obtenidos del análisis, influyendo además en limitar las emisiones por energía consumida.

Definiendo los criterios o variables ambientales a analizar, a través de la comparación entre distintas tipologías de viviendas y distintas soluciones constructivas, resulta factible diferenciar, según sus recursos materiales empleados, qué edificación puede ser más eficiente energética y ambientalmente, permitiendo la cuantificación de recursos y de emisiones en su fase de construcción.

Si consideramos los valores producto de la aproximación realizada en materia energética y de emisiones en el sector construcción, éste se presenta con amplias posibilidades para la implementación de acciones que permitan frenar las consecuencias perjudiciales, y posteriormente reducirlas, pues el peso dentro de los totales nacionales en ambos casos es bajo. Sin embargo, simultáneamente es necesario proseguir estas evaluaciones, hasta obtener cifras más completas que involucren la totalidad de los materiales que se emplean con regularidad en las edificaciones venezolanas.

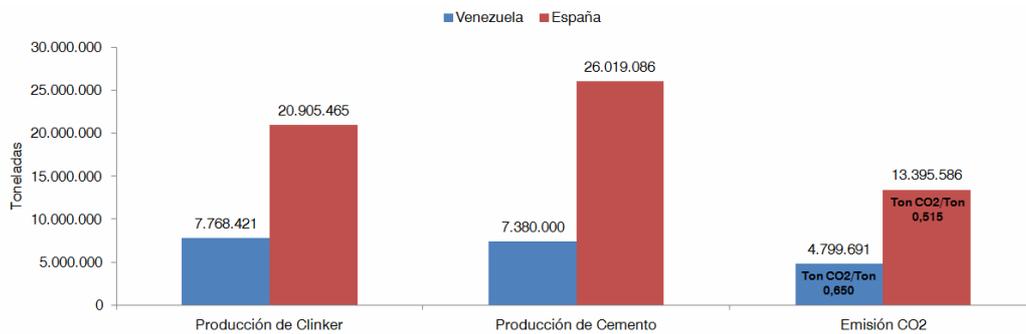


Figura 6. Emisiones de CO<sub>2</sub> por producción de cemento en Venezuela y España, 2010. (Miles de Ton). Elaboración propia.

### Referencias bibliográficas.

- Banco Interamericano de Desarrollo. Directrices para fábricas de cemento, enfoque para la reconciliación del financiamiento de fábricas de cemento con objetivos referentes al cambio climático, 2010.
- Buitrago, Jaime. Energía: suministro, demanda y eficiencia, una prospectiva global al 2030. Revista Energías Renovables, n°99, abril de 2011.
- España, Luis P. ¿Por qué la vivienda y sus servicios hacen la diferencia en la calidad de vida de los venezolanos?. 2010.
- Hendriks C. A. Emission reduction of greenhouse gases from the cement industry. Fourth International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies. 1998.
- Orozco, Enrique. Notas sobre materiales, técnicas y sistemas constructivos. Tecnología y Construcción, mayo 2008, vol.24, no.2, p.009-018. ISSN 0798-9601.
- Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 2006, 2006.
- Pérez de Murzi, Teresa. Política de Vivienda en Venezuela (1999-2007). Balance de una gestión en la habilitación física de barrios. *Diez años de cambios en el Mundo, en la Geografía y en las Ciencias Sociales, 1999-2008. Actas del X Coloquio Internacional de Geocrítica*, Universidad de Barcelona, 26-30 de mayo de 2008.
- Ramírez, Laura; Huete, Ricardo. Evaluación de la Ecoeficiencia Constructiva de un prototipo de Vivienda Bioclimática desarrollada para el clima Tropical Cálido Húmedo en Venezuela. "Análisis de los Recursos Materiales Consumidos en la Vivienda Bioclimática VBP-1". Memorias del Congreso Nacional de Medio Ambiente, Cumbre del Desarrollo Sostenible. 2008.
- Organización de las Naciones Unidas, Indicadores de los Objetivos de desarrollo del Milenio (ODM).
- World Business Council for Sustainable Development. Informe Cement Industry Energy and CO<sub>2</sub> Performance "Getting the Numbers Right", 2010.

### Informes y Estadísticas

- Agencia Internacional de Energía (AIE), Informe 2009
- Banco Central de Venezuela, Informe 2011.
- Banco Mundial, Indicadores de Desarrollo Mundial, 2010.
- Cement Industry Energy and CO<sub>2</sub> Performance, "Getting the Numbers Right" World Business Council for Sustainable Development, 2009 y 2010.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Informe 2010.
- Constitución Nacional de la República Bolivariana de Venezuela, 1999.
- Datanalisis, Encuesta Ómnibus, Enero 2011.
- Federación Interamericana del Cemento (FICEM), Informe 2009.
- Informe Global Construction 2020
- Instituto de los Recursos Mundiales (WRI), Informe 2010
- Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTTT), Estadísticas 2007.
- Instituto Venezolano de Siderurgia (IVES). Informe 2010
- International Cement Review. Global Cement Report, 2011.
- Ley Orgánica del Ambiente.
- Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio.
- Ley Orgánica de Ordenación Urbanística.
- Ministerio del poder popular para la Energía Eléctrica. Sistema Eléctrico Nacional, Informes Anuales 2009, 2010 y 2011.
- Ministerio del Poder Popular para la Energía y Petróleo. Informes 2008 y 2009.
- Organización de las Naciones Unidas, Indicadores de los Objetivos de desarrollo del Milenio (ODM), Informe 2009.
- Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), Informes 2008 y 2009.
- Population Reference Bureau, Informes 2008 y 2010.
- Renewables 2010 Global Status Report, REN21.
- Siderúrgica del Orinoco (Sidor), Estadísticas 2011.
- Worldsteel Association Steel Statistical Yearbook, 2011.
- World Wide Fund (WWF). The Energy Report, 2010.

### Referencias Electrónicas.

- <http://www.mppee.gob.ve/inicio/noticias-nacionales/nacionales/mppee-propone-eficiencia-energetica-y-uso-de-energias-renovables-para-proyectos-de-la-gran-misin-vivienda-venezuela>
- [http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-96012008000200002&lng=es&nrm=iso](http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-96012008000200002&lng=es&nrm=iso)
- <http://www.asocem.org.pe/web/estadistica.aspx>
- <http://www.dicyt.com/noticias/>
- [www.mppee.gob.ve](http://www.mppee.gob.ve)
- [www.vestas.com](http://www.vestas.com)
- [www.http://ipcc.ch/](http://www.ipcc.ch/)