



Sustentabilidad de la industria siderúrgica, ¿cómo?

La industria siderúrgica es un sustento estratégico para el desarrollo económico. No podrían existir sin el acero industrias como la construcción, automotriz, maquinaria y equipo, electrodomésticos, aeronáutica, ferrocarriles, transporte público, y naval, entre muchas otras. Además, se encuentra íntimamente concatenada con la industria del hierro y del carbón, así como con múltiples actividades de reciclaje de acero. Genera casi el 4% del PIB mundial y emplea a más de 6 millones de trabajadores. No obstante, es responsable del 7% de las emisiones globales de CO₂. En México se le atribuye el 2% del PIB, mientras que su participación en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero es bastante confusa. En el contexto del sector industrial, es una de las actividades más significativas en términos de emisiones de CO₂, junto con el cemento y la petroquímica. Hay pues un gran imperativo climático para descarbonizarla hacia el 2050 en términos del Acuerdo de París, de impuestos ubicuos y mercados de carbono, regulaciones gubernamentales, de numerosas iniciativas empresariales internacionales, y presiones de competitividad, sustentabilidad, minimización de riesgos, costo de capital, reputación, regulaciones, y reporte y revelación de información cli-

mática y ambiental a mercados financieros. Esencialmente, la industria del acero tiene dos caminos. Uno, el más contaminante, utiliza altos hornos (*Blast Furnace*) a 1,500 °C alimentados con mineral de hierro (básicamente óxidos de hierro), caliza y carbón (coque). Este último calienta y “reduce” el hierro, es decir, lo funde, reacciona y le “roba” el oxígeno que viene en forma de óxidos de hierro, para formar bióxido de carbono (CO₂) y monóxido de carbono (CO), que a su vez se torna en el principal agente “reductor”.

El hecho es que las reacciones generan grandes volúmenes de CO₂ emitidos a la atmósfera. El hierro metálico “reducido” (con muy poco oxígeno) se llama Arrabio, con un alto contenido de carbono proveniente del carbón que quedó disuelto en el hierro. El Arrabio va entonces a un Horno de Oxígeno Básico (llamado BOF por sus siglas en inglés, *Basic Oxygen Furnace*) donde se le inyecta oxígeno puro a presión para oxidar y eliminar el carbono disuelto en el Arrabio, que también es emitido aquí en forma de CO₂. De esta forma, se produce acero, que es hierro sin oxígeno y con un muy bajo contenido de carbono, resistente y maleable. Obviamente, las emisiones totales de CO₂ son enormes. En México ya sólo existen los altos hornos de Arcelor Mittal (empresa India) en Lázaro Cárdenas,

Michoacán. Recordemos que la empresa Altos Hornos de México S.A. ubicada en Monclova, Coahuila, cesó operaciones por quiebra y está en proceso de liquidación. No se sabe si el gobierno acabará rescatándola. El segundo camino, es mucho más limpio. Conlleva hacer pellets de mineral de hierro, que se someten a Reducción Directa (DRI, *Direct Reduction Iron*) con gas natural (CH₄) reformado, es decir, separado en monóxido de carbono e hidrógeno, los cuales son potentes agentes reductores – eliminan el oxígeno del hierro – sin necesidad de fundirlo. Así se crea el Fierro Esponja (poroso). Este se somete a un proceso de compresión en caliente para formar “tabiques” planos (HBI, *Hot Briquetted Iron*), con un muy bajo contenido de carbono, densos, consistentes, resistentes y flexibles, y fáciles de transportar. El fierro esponja o los tabiques son llevados a un Horno de Arco Eléctrico (que funciona con electricidad), donde se funden mediante electrodos junto con chatarra y cromo para producir acero inoxidable de alta calidad, y/o níquel, manganeso u otros elementos para crear aleaciones especiales.

Estos hornos de arco eléctrico son fundamentales en la producción de aceros planos, como planchón y rollos laminados en caliente, en diversas industrias, incluyendo la automotriz, línea blanca

y tuberías. Las grandes ventajas de este segundo camino (horno de arco eléctrico) es que sus emisiones son mucho menores; se puede utilizar electricidad de origen renovable, y se usa chatarra, lo que promueve el reciclaje y la economía circular. En México, Ternium (italo-argentina) y Arcelor Mittal operan hornos de arco eléctrico, y son los más grandes productores de acero. Ternium genera su propia electricidad en sus instalaciones con un ciclo combinado de 1,000 MW, en Pesquería Nuevo León. Hay otras empresas con hornos de arco eléctrico como DeAcero (Monterrey), Grupo SIMEC (Guadalajara) y Tenaris Tamsa (Veracruz).

Dado el escenario tecnológico anterior, son muy claras las rutas de descarbonización y de sustentabilidad para la industria siderúrgica. Primero, es dejar atrás los Altos Hornos y remplazarlos por Hornos de Arco Eléctrico y electrificación total. Segundo, utilizar electricidad de fuentes limpias en los Hornos de Arco Eléctrico (algo imposible en el México actual). Tercero, usar Hidrógeno Verde como agente reductor en Reducción Directa, producido por electrólisis del agua con energía renovable. En Europa, esto ya ocurre con la empresa sueca HYBRIT, y las alemanas Salzgitter y Thyssenkrupp. En México, tanto Ternium como Arcelor Mittal, van hacia allá.