

LA FUNDICIÓN DE COBRE DE ILO DE SOUTHERN PERU - 15 AÑOS DESPUES DE SU MODERNIZACIÓN Y SUS PERSPECTIVAS A FUTURO

Enrique Herrera Alarcón ¹ y Manuel Munguía Aguirre ²

¹ Southern Perú, Fundición Ilo Punta Tablones s/n Pacocha Ilo, Perú (eherrera@southernperu.com.pe)

² Southern Perú, Fundición Ilo Punta Tablones s/n Pacocha, Ilo, Perú (mmunguía@southernperu.com.pe)

RESUMEN

La Fundición de cobre de Ilo de Southern Perú, arranco sus operaciones en 1960 con el proyecto Toquepala, en 1976 se expandió con el proyecto Cuajone, y en 1995 inició su proceso de modernización con la implementación de un convertidor Teniente y Plantas de Ácido Sulfúrico y de Oxígeno para reducir las emisiones gaseosas de dióxido de azufre al ambiente.

En el 2007 se comisionó el proyecto de modernización de la Fundición de Ilo, con la implementación de un horno de fusión "Isasmelt" en reemplazo de los hornos reverbero y convertidor Teniente, y plantas adicionales de ácido sulfúrico y de oxígeno de mayor capacidad a fines de capturar el azufre de los concentrados por encima del 92%, y que se constituyó en el proyecto ambiental con la mayor inversión desarrollada en la historia del país.

El presente trabajo describe los resultados más significativos, derivados de la implementación de este proyecto tanto en el aspecto ambiental como operacional y sus perspectivas a futuro a fines de asegurar la sustentabilidad de su continuidad operativa y de su significativo aporte a la economía para el desarrollo de la región y del país.

1. Introducción

La Fundición de Ilo de Southern Perú, inicia sus operaciones en 1960 procesando los concentrados de cobre de la mina Toquepala, con la operación de dos hornos reverbero, cuatro convertidores Peirce Smith y una planta de moldeo de cobre blíster.

En 1976 se amplió con el proyecto Cuajone, implementándose dos nuevos hornos reverbero de

mayor capacidad dejando fuera de operación uno de los hornos antiguos, y se implementaron tres convertidores Peirce Smith y una planta de moldeo de blíster.

En 1975 la empresa estatal "Minero Perú" comisiona la Refinería de Cobre de Ilo para refinar el cobre blíster producido en la Fundición y para producir cobre catódico.

En 1995 y en respuesta al acuerdo de bases con el Gobierno Peruano y Southern Perú Copper Corporation (SPCC) se inicia un plan de reducción de emisiones gaseosas de dióxido de azufre (SO₂), instalando un convertidor Teniente en reemplazo de un horno reverbero, y asociado a la implementación de plantas de ácido sulfúrico y de oxígeno.

En 1998 la planta de ácido fue expandida para captar el 100% de gases del convertidor Teniente y producir 300,000 TM por año de ácido sulfúrico, llegando a una captura de azufre de los concentrados procesados en la fundición de aproximadamente 35%. En ese mismo año, la Refinería de Cobre de Ilo es adquirida por Southern Perú.

En febrero del 2007 y en cumplimiento con el "Programa de Adecuación de Manejo Ambiental" se comisionó el proyecto de modernización de la Fundición de Ilo con una capacidad anual de fusión de 1.2 millones de TM de concentrados de cobre, con la implementación de un nuevo horno de fusión "Isasmelt" en reemplazo de dos hornos reverbero y un convertidor Teniente existentes, además de nuevas plantas de ácido sulfúrico y de oxígeno de mayor capacidad, con el objetivo ambiental de lograr una captura de azufre del 92%. La Figura 1 muestra el diagrama de flujo de la fundición modernizada de Ilo.

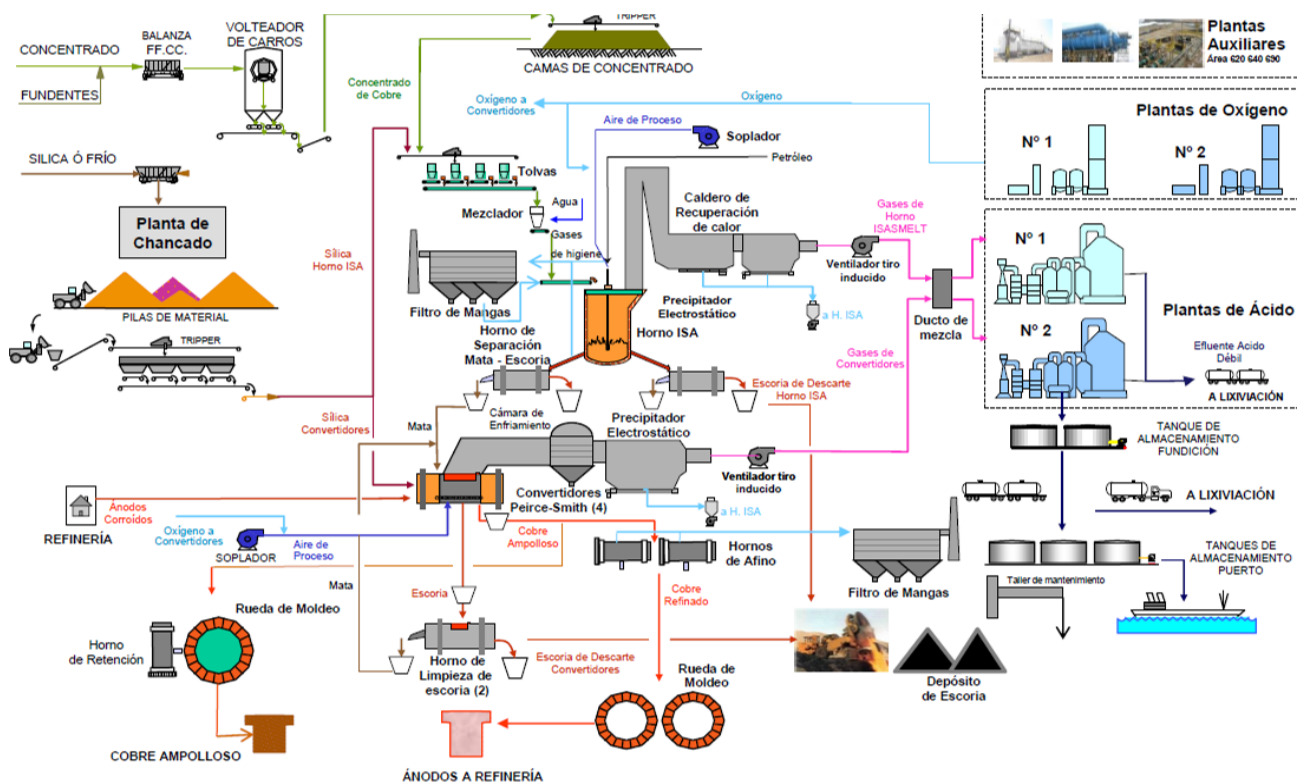


Figura 1: Diagrama de flujo de la Fundición de Ilo

La modernización de la Fundición de Ilo representó un costo de aproximadamente 600 millones de dólares, constituyéndose en el proyecto ambiental con la mayor inversión desarrollada en la historia del país, y determinó la mejora significativa de la calidad de aire de la ciudad de Ilo, asegurando la continuidad operativa de las operaciones de Fundición como también de la Refinería de Cobre, y de su significativo aporte a la economía para el desarrollo de la región y del país.

Por otra parte, también significó un alto desafío para todo el equipo de colaboradores de la Fundición, por el gran salto tecnológico en el proceso de fusión de concentrados, la nueva operación/mantenimiento del horno Isasmelt y de sus equipos asociados, y de las plantas de producción de ácido sulfúrico y de oxígeno de gran capacidad.

En la minería de cobre en el país, Southern Perú es actualmente la única empresa que opera también con una Fundición y Refinería de cobre, y en este mundo globalizado compite con las Fundiciones del mundo, y principalmente con las Fundiciones de China que tienen altos niveles de competitividad, y con sus tecnologías eficientes y soporte de su gobierno, han aumentado sus

capacidades para producir todo el cobre refinado requerido internamente, convirtiéndose en actores de primer orden en el mercado y con una alta influencia en la determinación de los TC/RC a nivel mundial.

1.1. Descripción del nuevo proceso de fusión de concentrados

Con la modernización de la Fundición se implementó un horno de fusión de concentrados de tecnología de "fusión en baño" denominado horno "Isasmelt" en reemplazo de dos hornos reverbero, y un convertidor teniente por un sólo horno, con el objetivo de lograr una alta concentración de SO₂ en los gases de proceso (27% SO₂ versus 4% SO₂ de los hornos reverbero) para posibilitar su transformación en ácido sulfúrico (H₂SO₄) y conseguir una fijación del azufre contenido en los concentrados de cobre por arriba del 92%.

Este horno de fusión es un reactor cilíndrico vertical de 4.4 m. de diámetro y 14.6 m. de altura, revestido interiormente de ladrillos refractarios. Por su parte superior se alimenta la carga húmeda (concentrados, fundentes y material recirculante), y se introduce una lanza por la que se inyecta aire

enriquecido con oxígeno (70% O₂), cuya punta va inmersa dentro de la del baño fundido, originando una alta turbulencia del baño por las reacciones instantáneas del oxígeno con los componentes sulfurados de cobre y hierro, produciéndose dos fases fundidas de mata y escoria, y gases de proceso que son evacuados del horno por la parte superior hacia un caldero de recuperación de calor. Los gases tras ser enfriados pasan por un electro precipitador donde se recupera su contenido de polvo, y posteriormente se mezclan con los gases de los convertidores para luego ser conducidos a las plantas de ácido con una concentración de SO₂ entre 10 - 12% para

posibilitar su conversión en óxido de azufre (SO₃) y posterior transformación en ácido sulfúrico.

La mata se procesa en convertidores donde se produce cobre blíster que se refina en los hornos y en los que se produce el cobre anódico y que luego se moldea en ánodos (barras de forma en "T") para su electro refinación en la Refinería de Cobre.

El esquema de la Figura 2 muestra el control de proceso del horno Isasmelt a través de equipos instrumentados altamente automatizados, y gobernados por un sistema de control distribuido (DCS).

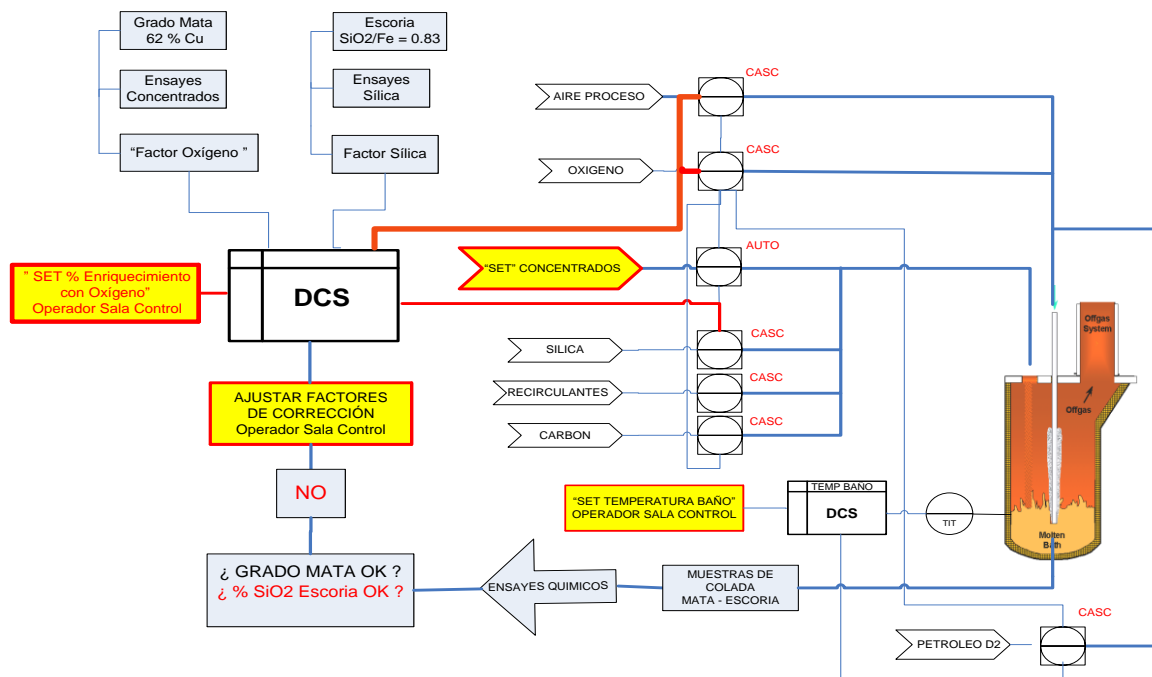


Figura 2: Diagrama de procesos de control del horno Isasmelt

2. Desempeño/resultados de la nueva Fundición

2.1. Aspecto ambiental

Como se mencionó anteriormente, la modernización de la Fundición fue principalmente un proyecto ambiental, con el objetivo de mejorar la calidad de aire de la ciudad de Ilo al reducir sustancialmente la emisión de gases sulfurados y cumplir con una captura de azufre mayor al 92%, objetivo que se ha cumplido desde el inicio de sus operaciones en el 2007, como se muestra en la Figura 3.

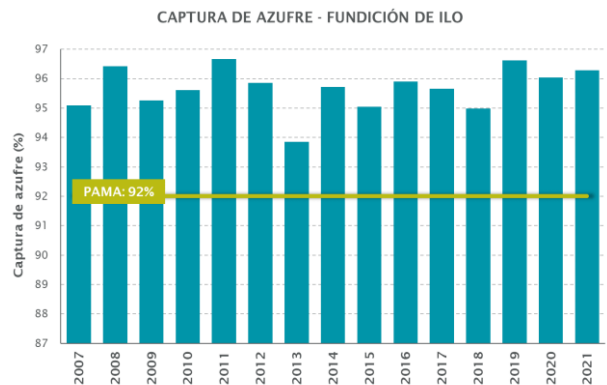


Figura 3: Captura anual de azufre de la Fundición de Ilo

El reemplazo de los hornos reverbero por la operación del nuevo horno Isasmelt para la fusión de concentrados, también representó una reducción en aproximadamente 85% del consumo de petróleo industrial, como se muestra en la Figura 4, lo cual significó que se dejen de emitir aproximadamente 0.4 millones de TM por año de CO₂, mejorando sustancialmente la huella de carbono.

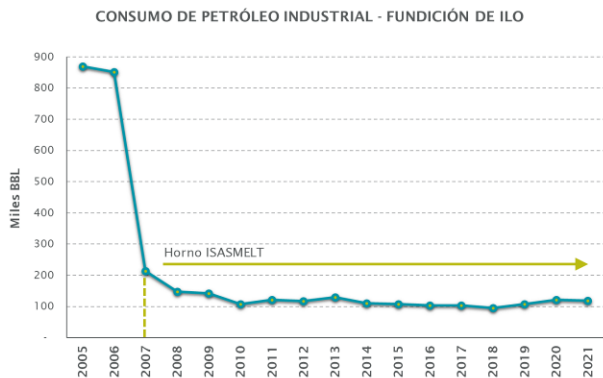


Figura 4: Consumo de petróleo industrial de la Fundición de Ilo

La implementación de las plantas de ácido y oxígeno y otros equipos requeridos para posibilitar la fijación de azufre determinó por otra parte, un mayor consumo de energía eléctrica en la operación de la nueva Fundición, como se muestra en la Figura 5, y en la que se muestra que el consumo de energía se incrementó por alrededor del 220%.

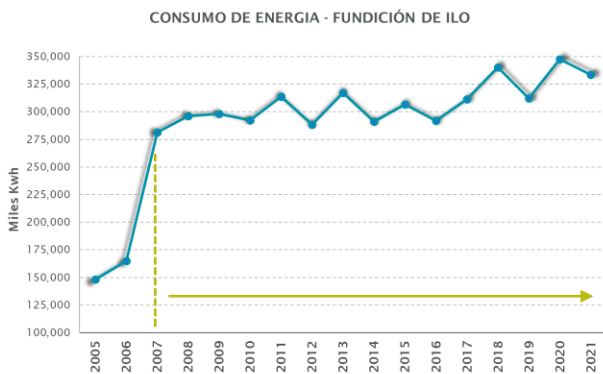


Figura 5: Consumo de energía eléctrica de la Fundición de Ilo

En el 2019 se comisiona el proyecto de "Up grade" de la planta de ácido sulfúrico N°1, como se muestra en la Figura 6, a doble contacto y doble absorción a fines de reducir las emisiones de SO₂ de esta planta, lográndose también un incremento

de la capacidad de procesamiento de gases de proceso y en consecuencia de la capacidad de fusión de concentrados.



Figura 6: Planta de Ácido Sulfúrico N°1

A fines de este año también se comisiona y se pone en operación el nuevo sistema de limpieza de gases de proceso de los hornos de Afino, como se observa en la Figura 7. Este fue un proyecto ambiental y en el objetivo de reducir la emisión de material particulado (<40 mg/Nm³) como también la emisión de SO₂ (<600 ppm SO₂). Con la implementación de estos nuevos equipos se tuvo un mayor consumo de energía eléctrica en la Fundición.

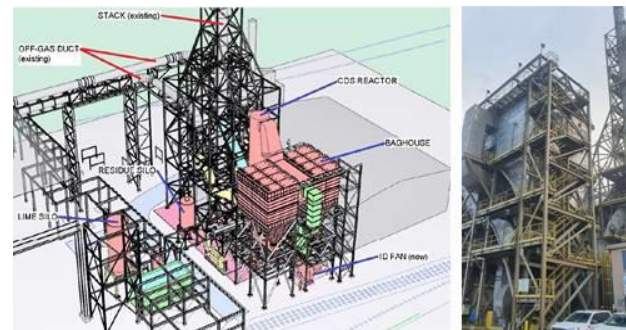


Figura 7: Sistema de Limpieza de gases de los Hornos de Afino

2.2. Desempeño operativo

La nueva Fundición de Ilo inició sus operaciones en febrero del 2007, y luego de un proceso de "Ramp up" de este gran proyecto, se tuvo un incremento sostenido de la fusión de concentrados de cobre, y producciones de cobre y de ácido sulfúrico, como resultado de un progresivo aprendizaje y adquisición de experiencia, tanto en los aspectos operativos como de mantención con los procesos y equipos de la nueva tecnología, como se muestran los resultados de la Figura 8.

Cabe precisar que cada dos años se realiza la renovación del ladrillo refractario del horno y junto con ello el mantenimiento mayor de todos los equipos de la Fundición que incluye la mantención de las plantas de ácido y oxígeno por aproximadamente 28 - 30 días en promedio, y que explica las disminuciones periódicas mostradas en la Figura 8.

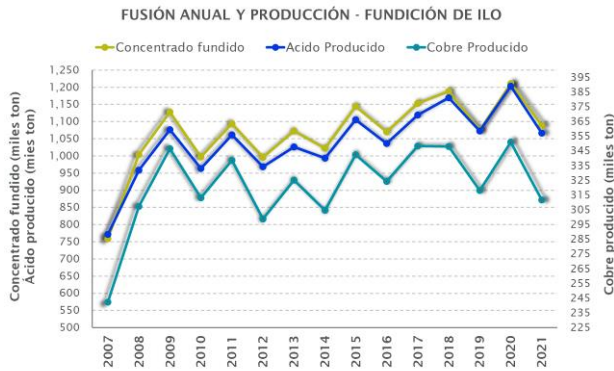


Figura 8: Fusión anual de concentrados y producción de cobre y ácido sulfúrico de la Fundición modernizada de Ilo

También cabe precisar que en 2020 y a pesar de las limitaciones generadas por la pandemia del Covid19, la Fundición de Ilo alcanzó un récord anual de fusión de concentrados, superando su capacidad nominal de diseño de 1.2 millones de TM por año, como también de las producciones de cobre y de ácido sulfúrico.

La Figura 9 nos muestra la utilización operativa del horno Isasmelt, durante los 15 años de operación, en la que la utilización promedio en los últimos 5 años es de 88.8%, versus un 87.6% de diseño.

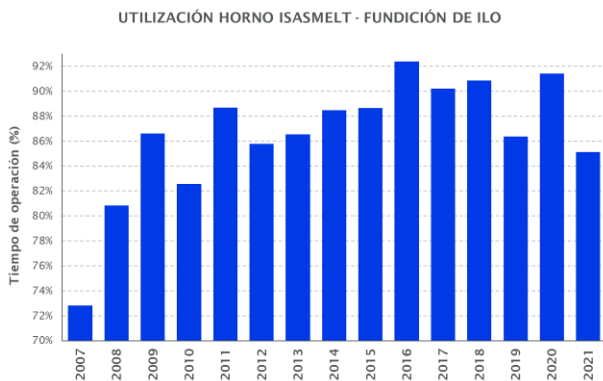


Figura 9: Utilización operativa del horno Isasmelt de la Fundición de Ilo

La Figura 10 nos muestra las causas principales de detenciones de planta en los últimos 10 años, donde se identifica al caldero del horno Isasmelt como equipo crítico por la frecuente rotura de tubos y su respectiva reparación.



Figura 10: Causas principales de no operación del horno Isasmelt (2012-2021) de la Fundición de Ilo

2.3. Costos de operación

Uno de los principales indicadores de desempeño es el costo unitario de fusión siendo el costo promedio en los últimos 5 años de 19 ¢US\$/lbCu, como se muestra e la Figura 11.

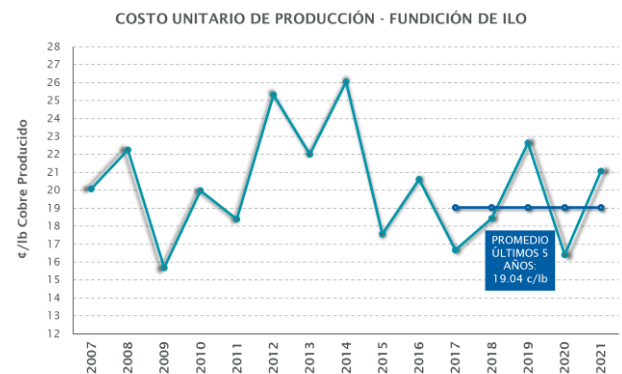


Figura 11: Costo unitario de producción de la Fundición de Ilo

El mayor costo unitario obtenido en los años 2012 y 2014 se explica principalmente por la menor producción de cobre debido a la ejecución del mantenimiento mayor de la Fundición y sus costos asociados y la menor disponibilidad de equipos importantes como son el caldero y las plantas de ácido.

La Figura 12 muestra la distribución de las naturalezas de costos, en las que luego de los costos indirectos y de mano de obra, la energía eléctrica y de combustibles son los costos más importantes.

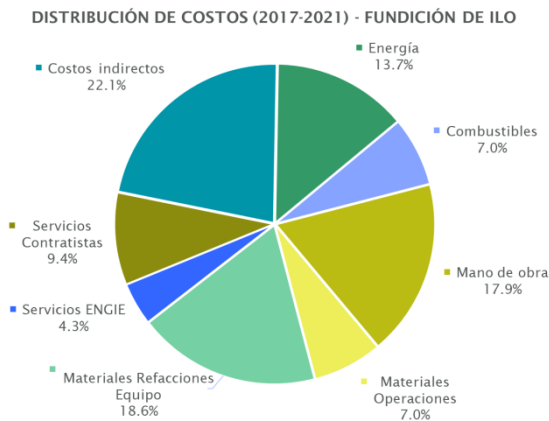


Figura 12: Distribución de costos de la Fundición de Ilo 2017-2021

2.4. Mejora continua / innovación tecnológica

Uno de los principales objetivos del equipo de fundidores es la mejora continua de los procesos y operaciones y merece mencionarse la optimización de la química de la escoria del horno Isasmelt, al eliminar el requerimiento del óxido de calcio utilizado como fundente (conchuela CaCO_3) y considerado en la Ingeniería de Diseño del horno Isasmelt, fundamentado en la alta interacción química del óxido de calcio (CaO) con la sílice (SiO_2) que también se adiciona al horno como fundente para la formación de escoria y control de la magnetita.

La modificación de la química de la escoria del horno Isasmelt "tipo fayalita", se realizó en base al diagrama ternario que se muestra en la Figura 13. En este diagrama, la temperatura del "liquidus" de la escoria se predice a una presión parcial de oxígeno de $10^{-8,4}$ atm y un contenido de Al_2O_3 de 6% en peso, en un rango de concentraciones de SiO_2 de 30 a 50 % en peso. Todos los óxidos de hierro se recalculan como "FeO" para fines representativos, y las composiciones en este diagrama ternario se representan en proporciones de peso de $\text{CaO}/(\text{CaO}+\text{FeO}+\text{SiO}_2)$, $\text{FeO}/(\text{CaO}+\text{FeO}+\text{SiO}_2)$ y $\text{SiO}_2/(\text{CaO}+\text{FeO})$, como también las proporciones de CaO/SiO_2 y SiO_2/Fe .

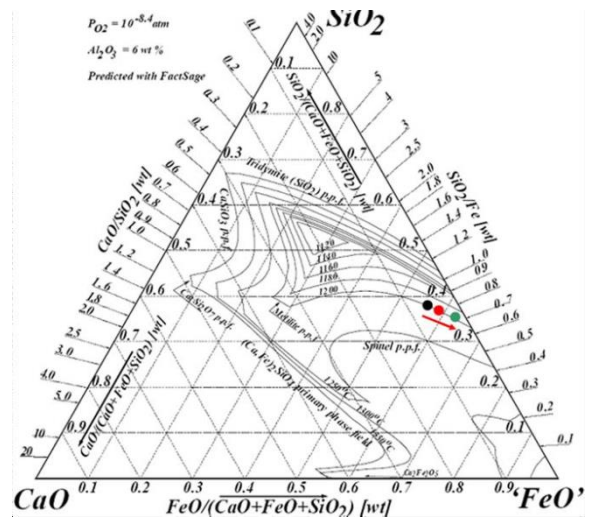
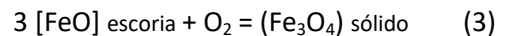
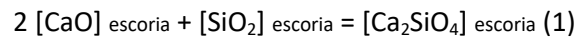


Figura 13: Liquidus Sistema Ternario CaO-FeO-SiO₂

Basado que la interacción $\text{CaO}-\text{SiO}_2$ (reacción 1) en la escoria líquida es más fuerte que la interacción $\text{FeO}-\text{SiO}_2$ (reacción 2), la presencia de CaO en la escoria determinaría una mayor formación de magnetita (reacción 3) en la escoria, si no hay suficiente cantidad de sílice reactiva presente en la escoria. Esto significaría la posibilidad de reducir el requerimiento del fundente de sílice al reducir y/o suspender la adición de CaO como fundente al horno Isasmelt.



Esta posibilidad de un menor requerimiento de sílice en el horno por la menor presencia de CaO , evita la presencia de sólidos (sílice cruda o no reactiva) y una correspondiente alta viscosidad de la escoria, lo que reduce significativamente las pérdidas mecánicas de cobre.

La Figura 14 muestra los resultados de la disminución progresiva de la adición de CaCO_3 al horno Isasmelt hasta su suspensión total, determinando un menor requerimiento de sílice (menor relación SiO_2/Fe), y demostrando la interacción de la sílice con el óxido de calcio.

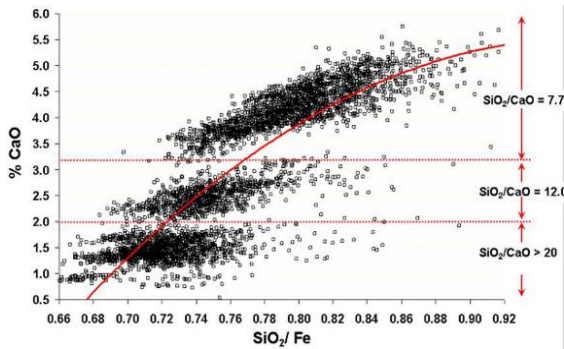


Figura 14: Relación SiO_2/Fe versus el contenido del % CaO en la escoria del horno Isasmelt

La nueva composición química de la escoria como resultado de esta optimización se muestra en la Figura 13, en la que el círculo negro del sistema ternario corresponde a la de diseño y la verde corresponde a la optimizada (retiro del uso de CaO como fundente) y que se traduce principalmente en una menor proporción de SiO_2/Fe (menor requerimiento de sílice) pero sin cambiar la temperatura de formación de la escoria (“liquidus”) como se observa en los isoterma del “liquidus” del diagrama ternario.

En la Figura 15 se muestra que, con la reducción y suspensión de la adición de CaO al horno, se logra una menor formación de magnetita y por consiguiente un menor contenido de cobre en las escorias del horno.

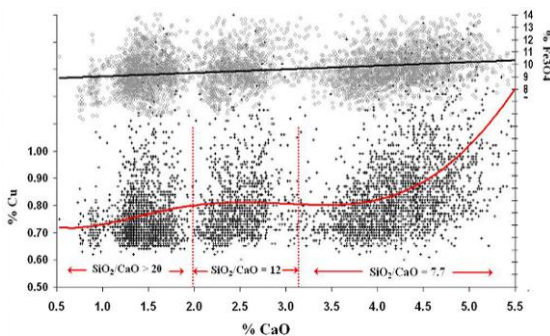


Figura 15: % CaO versus % Cu y % Fe_3O_4 en la escoria del horno Isasmelt

Esta mejora en la química de la escoria permitió un menor consumo y costo de fundentes (conchuela y sílice), una menor pérdida de cobre tanto en contenido (menor masa de escoria) como en calidad. Además de lograr un importante ahorro en el costo operativo, se obtuvo una mejora ambiental al dejar de emitir 0.07 millones de TM de CO_2 por año, al prescindir del uso de conchuela (CaCO_3).

3. Aporte al desarrollo local y nacional

La presencia de Southern Perú en Ilo hace 63 años significó un salto significativo al desarrollo de esta ciudad, donde las principales industrias consistían en: Una fábrica de jabones, aceites y conservas (“Pacocha”) y una fábrica de industrialización de pescado (“EPISA”), además de la cosecha de aceitunas del valle de Ilo. En ese entonces además de la Fundación de Ilo, se implementó un muelle, el ferrocarril industrial, una planta de generación de energía eléctrica, y campamentos mineros.

En 1975 se instaló la Refinería de Cobre, en ese entonces perteneciente a la empresa estatal “Minero Perú” para brindar un mayor valor agregado al cobre producido. La producción y disponibilidad de cobre electrolítico de alta pureza también impulsó el desarrollo de la industria nacional, actualmente un 20 % de la producción de cátodos de SPCC se deriva a la industria nacional.

En la actualidad, la Fundación asociada a la Refinería de Cobre, y otras áreas de soporte de la unidad operativa de Ilo de Southern Perú, brindan aproximadamente 1,500 empleos directos, esto es un 30% de la fuerza laboral de la empresa. Lo que significa la generación de empleos indirectos, beneficiando significativamente al desarrollo de la ciudad de Ilo.



Figura 16: Vista aérea de la ciudad de Ilo - 1960



Figura 17: Vista aérea de la ciudad de Ilo - 2020

3.1. Indicadores socioeconómicos de Ilo

Según el INEI en el año 2020 Moquegua posee el Producto Bruto Interno per cápita más alto a nivel nacional, superando ampliamente a los departamentos del sur del Perú y no se vio afectado por la pandemia.

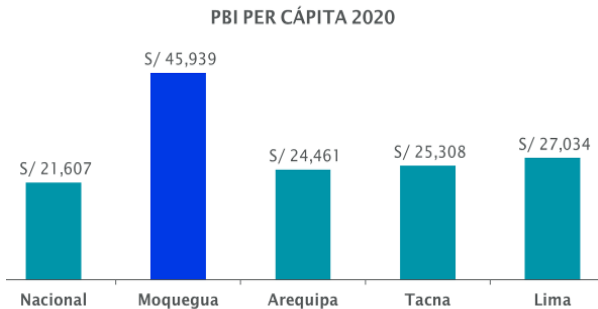


Figura 18: PBI Per Cápita 2020

Fuente: INEI

Según un estudio elaborado (Municipalidad Provincial de Ilo, 2015) la actividad minera y metalúrgica principalmente ligados a las operaciones de Southern Perú concentran el 61 % de participación en el Producto Bruto Interno.

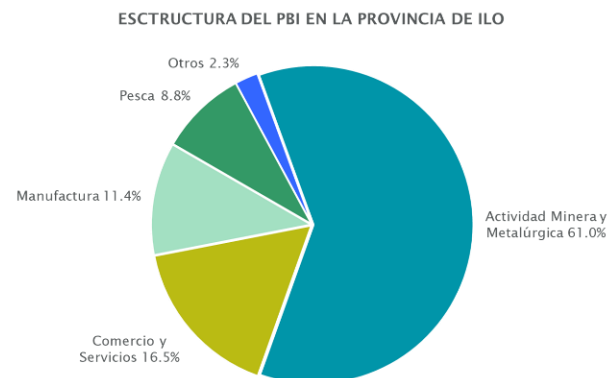


Figura 19: Estructura del PBI de la provincia de Ilo

Fuente: Municipalidad provincial de Ilo

Según el portal de Seguimiento de la Ejecución Presupuestal (Ministerio de Economía y Finanzas, 2022), la Municipalidad Provincial de Ilo recibirá más de 43 millones de soles para el año 2022 por concepto de Canon Minero, ello representa el 34.2% de su presupuesto total.



Figura 20: Ingreso Municipalidad de Ilo por Canon Minero 2022

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas.

El cálculo del Índice de Desarrollo Humano realizado el año 2019 sugiere que la provincia de Ilo se encuentra dentro de los tres primeros lugares a nivel nacional (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2019). Cabe mencionar que para su cálculo se revisan los indicadores de educación, esperanza de vida e ingresos.



Figura 21: Índice de Desarrollo Humano de la provincia de Ilo

Fuente: INEI, Censos 2017, ENAHO 2019.

4. Perspectivas a futuro

Actualmente Southern Perú es la única empresa minera en el país que opera también una Fundición y Refinería de cobre, y si bien es cierto en la región tenemos a las Fundiciones de Chile, competimos principalmente con las Fundiciones de China que tienen altos niveles de competitividad por sus tecnologías eficientes, alta capacidad de sus fundiciones y/o bajos costos de operación, y se han convertido en actores de primer orden en el mercado, e influyen fuertemente en la determinación de los TC/RC a nivel mundial.

El alto nivel de competitividad de las Fundiciones chinas nos desafía a una mejora continua en elevar la productividad y/o reducir costos de operación para asegurar la sostenibilidad de la continuidad operativa de la Fundición y que conlleva también a la de la Refinería.

4.1. Uso del gas natural en la Fundición

Para el 2023 se planea culminar el proyecto de reemplazar el consumo de petróleo industrial y diésel en los hornos de la Fundición por gas natural, lo cual representa una inversión aproximada de 8 millones de dólares. Con la implementación de este proyecto se espera una significativa mejora ambiental al reducir la emisión de gases de efecto invernadero en aproximadamente 0.02 millones de TM de CO₂ por año.

4.2. Generación de energía eléctrica por vapor saturado

Para el 2024 se planea comisionar una turbina para generar aproximadamente 10 MW por el uso de vapor saturado generado en el caldero de recuperación de calor del horno Isasmelt. Esta generación de energía eléctrica representa aproximadamente un 25% del consumo de energía eléctrica en la Fundición y se espera reducir su costo en 25%. La inversión estimada para este proyecto es de 17 millones de dólares.

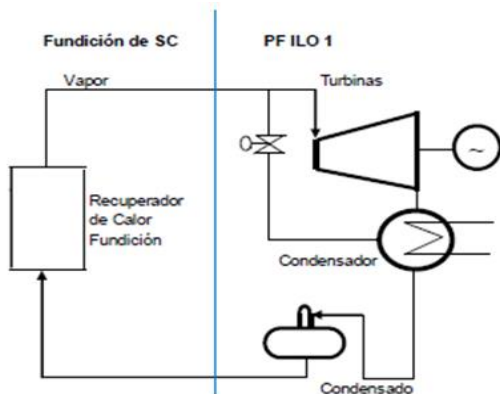


Figura 22: Esquema de generación de energía a través de vapor

4.3. Ampliación de la Fundición de Ilo

Uno de los principales desafíos planteados en el plan estratégico de la Dirección General de Operaciones de Southern Perú, es la ampliación de la capacidad anual de fusión de la Fundición de 1.2 millones de TM a 2.2 millones de TM de concentrados de cobre fundidos, y en el objetivo de procesar el total de los concentrados propios, como también de terceros.

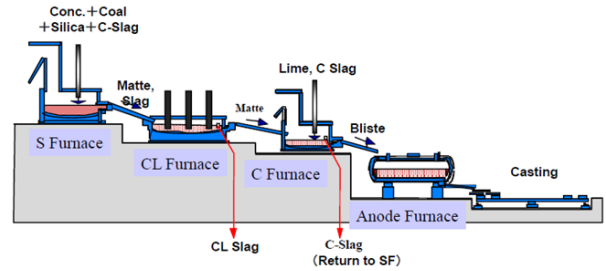


Figura 23: Diagrama de flujo de nuevas tecnologías de punta para la ampliación de la Fundición de Ilo

La alta experiencia adquirida en las operaciones de fundición y refinación de cobre, las facilidades existentes, la disponibilidad de tecnologías de punta con bajos costos de operación, su posible integración con los hornos/equipos de la actual fundición, y los siguientes indicadores de beneficio hacen viable este proyecto para Southern Perú.

- Beneficio del actual alto precio del cobre, plata, oro, al lograr altas recuperaciones.
- Ingresos por los premios a los cátodos de alta calidad.
- Ingresos por la venta del ácido sulfúrico.
- Penalidades por las impurezas de los concentrados, especialmente de los contenidos de arsénico en concentrados de terceros.
- Diferencia de fletes (cátodos versus concentrados).

Con la ampliación de la Fundición se espera llegar a un costo operativo de aproximadamente 11.5 ¢US\$/lbCu lo que nos posicionaría dentro del 1er cuarto de costos más bajos de Fundiciones de acuerdo con la encuesta Brook Hunt del 2012, y en los últimos años nos encontramos con un costo promedio de 19 ¢US\$/lbCu.

Costo unitario Fundiciones – (Brook Hunt 2012)

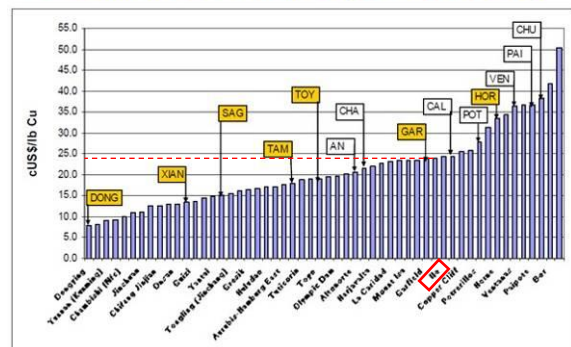


Figura 24: Costo unitario Fundiciones Fuente: Brook Hunt

5. Conclusiones

La modernización de la Fundición de Ilo cumplió con el objetivo ambiental de mejorar la calidad de aire de la ciudad de Ilo al lograr una captura de azufre superior al 92% comprometido en el PAMA.

Adicionalmente se tuvo una significativa disminución de la emisión de CO₂ al dejar de consumir combustible fósil al aprovechar el combustible contenido en los concentrados por el uso de tecnología de punta.

La mejora de la calidad de aire significó una mayor aceptación de la comunidad, la continuidad operativa de la Fundición y de la Refinería de cobre, y de su significativo aporte a la economía y al desarrollo de la ciudad de Ilo como también del país.

En cuanto al desempeño operativo, en los últimos años de operación se logró superar la capacidad de fusión nominal de diseño y de producción de cobre y de ácido sulfúrico, y con una tendencia a seguir mejorando.

Desde que estamos en un mundo globalizado y con la alta competencia de las fundiciones chinas, para un desarrollo sostenible de las operaciones de Ilo, el equipo de Fundidores y de áreas de soporte se encuentra en un proceso de mejora continua con la finalidad de incrementar la productividad y reducir costos de operación, a través de nuevos proyectos y soportado por la experiencia y talento de nuestros recursos humanos y manteniendo la licencia social otorgada por la comunidad que nos rodea, con mayor relacionamiento con las comunidades de influencia y muy respetuosos en mantener la seguridad de nuestro personal, el cuidado del medio ambiente y requisitos legales de la autoridad.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Southern Peru por haber hecho posible el desarrollo y publicación del presente trabajo.

Referencias

Herrera, E., & Mariscal, L. (2010). Changes in the ISASMELT Slag Chemistry at Southern Peru Ilo Smelter., *Volume II - Pyrometallurgy I*. Hamburg, Germany.

Herrera, E., & Mariscal, L. (2012). Influence of The CaO, Al₂O₃ and Fe₃O₄ content in the slag of the ISASMELT Slag Chemistry at Southern Peru Ilo Smelter. *51st Annual Conference of Metallurgists*. Niagara Falls, Ontario.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). *PERÚ: Producto Bruto Interno por Años, según Departamentos*.

Ministerio de Economía y Finanzas. (2022). *Seguimiento de la Ejecución Presupuestal (Consulta amigable)*. Obtenido de https://www.mef.gob.pe/es/?option=com_content&language=es-ES&Itemid=100944&lang=es-ES&view=article&id=504

Municipalidad Provincial de Ilo. (2015). *Plan de Desarrollo Económico Local y de Promoción de la Competitividad de sus micro y pequeñas empresas*. Ilo, Moquegua.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2019). *Unidad del Informe sobre Desarrollo Humano Perú*.