

INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE Y SIMULACIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CAL CON UNA CAPACIDAD DE 40 t/día PARA LA EMPRESA ANDEC S.A.

Luis Raúl López Lara
Ingeniería Mecánica
Universidad de las Fuerzas Armadas SPE
Sangolquí, Ecuador
Luchol23@hotmail.com

Resumen:

Para obtener acero de buena calidad se requiere de cal viva que cumpla con los parámetros requeridos en el proceso de fundición. Para obtener una cal viva con las condiciones requeridas se debe tener una planta que proporcione la cal con la granulometría y el porcentaje de óxido de calcio necesario. Para lograr estas características de la cal viva partiendo de la piedra caliza se debe tener dos procesos los cuales son: trituración y calcinación, en el primer proceso se obtiene la cal viva de la granulometría requerida para que en el proceso de calcinación se pueda obtener la cal viva con las características deseadas. Para el correcto funcionamiento del proceso de trituración y calcinación se debe garantizar el suministro de energía eléctrica, agua potable, alimentación de combustible, selección de tuberías, las cuales fueron realizadas en el presente proyecto. Como se está generando un proyecto de inversión es fundamental asegurar que el periodo de recuperación del capital sea el menor, esto se logra mediante una correcta selección de maquinaria, equipos secundarios, proveedores de materia prima, material de transporte y optimizando los envíos que se va a realizar tanto de materia prima para el proceso como la de producto termina hacia la planta principal de ANDEC S.A. La distribución de planta se realizó mediante el método de Muther optimizando los tiempos y movimientos. El periodo de recuperación de este proyecto es inferior a los 5 años, por lo tanto es un proyecto rentable para la empresa auspiciante.

Abstract—

In order to obtain good quality steel, it is required quicklime that meets the needed parameters in the foundry process. To obtain quicklime with the required conditions, it is necessary to count with a plant that provides lime with the desired grain size and percentages of calcium oxidize. To meet these characteristics of quicklime, it must go through two processes: crushing and calcination. In the first process, it is obtained the quicklime of the required grain size, so that in the calcination process it can be obtained the quicklime with the desired characteristics. For the correct functioning of the crushing and calcination processes, it must be supplied electric power, potable water, fuel feed, and pipe selection, all of which were made in this project. As it is a funding project, it is fundamental to ensure that capital recovery is made in a minimum period, which can be achieved through an accurate selection of machinery, secondary equipment, raw material suppliers, transportation material, and by optimizing the deliveries of both raw material and the finished product to

the main plant ANDEC S.A. The distribution of the plant was made through the Muther method, optimizing times and movements. The recovery process of this project is less than 5 years; therefore, it is a profitable project for the sponsor company.

Keywords **CRUSHING, CALCINATION, QUICKLIME, STEEL, LIMESTONE.**

Introducción

La empresa ANDEC S.A. dentro de sus procesos productivos utiliza una gran cantidad de cal viva, cálcica o calcinada para la producción de acero, como se puede observar en la Tabla 1. Además de la cal viva, para poder lograr la fundición del acero es necesario de otros fundentes tales como: carbón, magnesita, oxígeno, entre otros.

La empresa ANDEC S.A. dentro de sus procesos productivos utiliza una gran cantidad de cal viva, cálcica o calcinada para la producción de acero, como se puede observar en la Tabla 1. Además de la cal viva, para poder lograr la fundición del acero es necesario de otros fundentes tales como: carbón, magnesita, oxígeno, entre otros.

| MES | MINUTOS DE PARADA |
|------------|-------------------|
| Enero | 77 |
| Febrero | 380 |
| Marzo | 150 |
| Abril | 12 |
| Mayo | 114 |
| Junio | 0 |
| Julio | 88 |
| Agosto | 61 |
| Septiembre | 49 |
| Octubre | 115 |
| Noviembre | 151 |
| Diciembre | 29 |

Tabla 1 Minutos de parada línea de cal

pedra con una granulometría aproximada de **10 mm** y **40 mm**, en caso de encontrarse piedras con mayor granulometría se vuelve a procesar la misma.

Mediante las bandas trasportadoras llega la piedra triturada a la criba vibratoria, en la cual se deja en su totalidad las piedras en el tamaño requerido para el proceso de calcinado. Una vez que se obtiene la piedra en el tamaño requerido se traslada a la línea de calcinación que es la segunda etapa del proceso de elaboración de la cal viva. En la Figura 3 se presenta el proceso de flujo de la trituración.

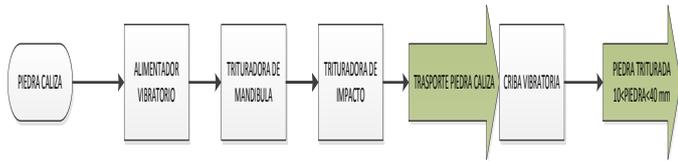


Figura 3 Proceso de Flujo Trituración

D. Calcinación

Una vez que se encuentra la piedra caliza con la granulometría entre **10 mm** y **40 mm**, esta ingresa al alimentador vibratorio, el cual alimenta al elevador de cangilones que va a proveer de materia prima al horno de calcinación.

Después del tiempo de calcinación de la piedra esta es trasferida a un enfriador para reducir la alta temperatura con la cual la piedra ya calcinada sale del proceso. Al encontrarse la piedra a una temperatura de **30 °C** a la salida del enfriador, se la traslada mediante elevadores de cangilones al silo, el cual ayuda a almacenar el producto terminado para su posterior empaquetamiento en big bags de una tonelada de capacidad. En la Figura 4 se indica el proceso de flujo de calcinación. El producto ya empacado se traslada a la bodega de producto terminado para su traslado a la planta de fundición ANDEC S.A.

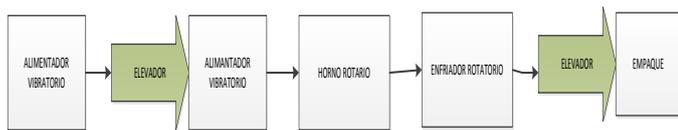


Figura 4 Proceso de Flujo Calcinación

E. Recipiente de Diésel

Se realiza el diseño de un recipiente de **10000 gal** que es la capacidad máxima de transporte de los tanqueros de este combustible. Se diseña según la norma ASME, sección VIII división 1, que se refiere al diseño de recipientes a presión.

Se diseña el recipiente para **10000 gal** y así garantizar el abastecimiento del combustible por 3 días, para realizar el diseño tomamos las siguientes consideraciones:

- Presión de diseño **$P_d = 100 \text{ psi}$** .
- Temperatura de diseño **$T_d = 250 \text{ }^\circ\text{F}$** .
- Diámetro Interno del cuerpo **$ID = 8\text{ft}$** .
- Longitud interna del cuerpo **$LIC = 27\text{ft}$** .
- Corrosión Admisible **$CA = 1/8 \text{ in}$** .
- Cabezas elípticas **2: 1**.
- Radiografiado total **$E = 1$** .

F. Bomba de Diésel

El combustible es necesario en el proceso de calcinación de la piedra ya que es utilizado en el horno. La cantidad de combustible que se requiere para el proceso es de **520 kg diésel / hora**, y para encontrar el caudal requerido se utiliza la densidad del diésel, la cual es **832 kg/m³**.

Se debe seleccionar una bomba que cumpla con este valor requerido en el proceso y además multiplicado por un factor de seguridad o posibles ampliaciones. La bomba que cumple con estas especificaciones es:

| | |
|------------------|-----------|
| Tensión | 12 v |
| Caudal | 1000 lt/h |
| Consumo vacío | 22 A |
| Consumo en carga | 42 A |
| Entra y salida | 1 ¼ in |
| Peso | 11,5 kg |

Tabla 3 Características Bomba de Combustible

G. Red eléctrica

La red de energía eléctrica que se requiere para el correcto funcionamiento de las maquinarias son de **440 v** y de **220 v** con una frecuencia convencional de **60 Hz**. La red pública que suministra la energía eléctrica posee un voltaje de **13,8 kv** es por ello que se requiere un transformador que realice la conversión de este voltaje al voltaje que vamos a utilizar. La selección del transformador se ve ligada a los **kVA** que se requiere para satisfacer las necesidades de la planta, con miras de una posible expansión de la misma.

Se requiere un transformador de **13,8 kv A 440 kv** con una capacidad de **550 kVA** para que pueda satisfacer la demanda de la planta.

| DESCRIPCIÓN | |
|--------------------------------|--------------------------|
| Potencia | 600 kVA |
| Voltaje primario | 13800 v |
| Voltaje secundario | 440/254 v |
| Grupo de conexión | DYn5 |
| Cambiador de derivaciones taps | (+1-3x2.5%) |
| Frecuencia | 60 Hz |
| Bil | 95/30 kv |
| Norma de fabricación: | INEN 2115: Revisión 2004 |

Tabla 4 Características de Transformador

H. Red Agua Potable

La línea de agua potable que se requiere en la planta, es para el uso de los trabajadores, así como para operaciones de limpieza de las distintas áreas. El agua potable va a ser abastecida por la empresa municipal de agua potable, lo que se requiere es realizar la instalación de tuberías. Para garantizar el abastecimiento de agua en caso de que exista una interrupción del sistema de agua potable, se contará con una cisterna que garantiza la demanda de agua para los empleados y el proceso en sí.

El consumo estimado es de $10 m^3$ diarios. El dimensionamiento de la tubería se lo realizará para una velocidad de $1 m/s$ con un flujo de $1,25 m^3/h$, y para una longitud equivalente de $304 m$ considerando la longitud lineal de la tubería y los accesorios de la misma.

| Modelo trifásico | Modelo monofásico | Potencia KW | Potencia HP | Caudal máximo l/min | Caudal máximo m ³ /hora | Altura máxima metros |
|------------------|-------------------|-------------|-------------|---------------------|------------------------------------|----------------------|
| JSW 1C | JSWm 1C | 0.37 | 0.5 | 50 | 3.0 | 35 |
| JSW 1B | JSWm 1B | 0.5 | 0.7 | 50 | 3.0 | 41 |
| JSW 1A | JSWm 1A | 0.6 | 0.85 | 50 | 3.0 | 47 |
| JSW 10H | JSWm 10H | 0.75 | 1 | 50 | 3.0 | 56 |
| JSW 12H | JSWm 12H | 0.9 | 1.25 | 50 | 3.0 | 64 |
| JSW 15H | JSWm 15H | 1.1 | 1.5 | 50 | 3.0 | 70 |
| JSW 10M | JSWm 10M | 0.75 | 1 | 80 | 4.8 | 46 |
| JSW 12M | JSWm 12M | 0.9 | 1.25 | 80 | 4.8 | 50 |
| JSW 15M | JSWm 15M | 1.1 | 1.5 | 80 | 4.8 | 55 |

Figura 5 Bomba de Agua

Para el abastecimiento de agua potable en la planta se requiere de una bomba JSW 1C, con potencia de $0,37 kW$, con un caudal máximo de $3 m^3/h$ y una altura máxima de $35 m$, lo cual satisface las necesidades de la planta y una posible expansión de la misma.

I. Red Aire Comprimido

La red de aire comprimido va a ser utilizada en las diferentes áreas del proceso para operaciones de limpieza y mantenimiento, ya que en el proceso de producción no se utiliza el aire comprimido.

Para el dimensionamiento de la red, se debe tomar en cuenta los diferentes accesorios que se va a utilizar.

Para satisfacer la demanda requerimos un compresor de las siguientes características

| | |
|------------|----------------|
| Potencia | 10 hp |
| Voltaje | 220 v |
| Frecuencia | 60 Hz |
| CFM | 40,6 |
| Caudal | $1,15 m^3/min$ |

Tabla 5 Características Compresor

Como se requiere tener una velocidad entre $8 y 10 m/s$ se va realizar el cálculo de la tubería con una velocidad de $9 m/s$.

J. Dimensionamiento Obra Civil

El REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO indica que los lugares de trabajo deben contar por lo menos de 2 metros cuadrados de espacio por trabajador y un volumen de 6 metros cúbicos por cada uno de ellos, se debe restar el área ocupada por maquinarias, equipos de oficina, aparatos y materiales.

| ÁREA | LARGO [m] | ANCHO [m] | ALTURA [m] | ÁREA [m ²] |
|-------------------------------|-----------|-----------|------------|------------------------|
| Administrativo | 6 | 5 | 3 | 30 |
| Mantenimiento | 15 | 10 | 3 | 150 |
| Desechos | 8 | 8 | 3 | 64 |
| Seguridad | 10 | 5 | 3 | 50 |
| Comedor | 10 | 15 | 3 | 150 |
| Servicios higiénicos y duchas | 5 | 5 | 3 | 25 |
| Materia prima | 18 | 18 | 6 | 324 |
| Producto terminado | 15 | 12 | 6 | 180 |
| Parqueadero | 10 | 3 | | 30 |
| Recipiente | 15 | 5 | | 75 |
| Generador | 10 | 5 | 5 | 50 |
| Compresor | 4 | 5 | 3 | 20 |
| Producción | 100 | 20 | | 2000 |
| Cisterna | 8 | 8 | | 64 |

Tabla 6 Dimensionamiento Obra Civil

K. TIR y VAN

Con los costos del proyecto y considerando una tasa WACC de 12,35% se obtienen un proyecto viable, puesto que el TIR del presente proyecto es de 14,3% y el VAN es de \$ 144615,20.

| | |
|--------------------------------|---------------------|
| TIR | 14,3% |
| VAN | \$ 144615,20 |
| PERIODO DE RECUPERACIÓN | 4,13 años |

Tabla 7 TIR y VAN

REFERENCIAS

- Maerz, O. (2013). NEW – Cooling of industrial kilns and furnaces. Maerz.
- ANSI. (2005, Abril 20). <https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/17145/7/ANEXO%20E2%20-%20BASES%20DE%20C%3%81LCULOS%20DE%20TUBER%3%8DAS.pdf>. Retrieved from <https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/17145/7/ANEXO%20E2%20-%20BASES%20DE%20C%3%81LCULOS%20DE%20TUBER%3%8DAS.pdf>
- Buthod, Paul . (2001). Pressure Vessel Hand Book. Oklahoma: Tulsa.
- Catálogo de Bombas y Accesorios. (2014). Retrieved from Catálogo de Bombas y Accesorios: <http://www.bombasyaccesorios.com.ar/>
- Coloma, G. (2008). La Cal: Es un reactivo químico. Chile. D388-82, A. (2008). Clasificación de carbones minerales por rango.
- DISENSA. (2013, Febrerp). http://disensa.com/main/images/pdf/electro_cables.pdf. Retrieved from http://disensa.com/main/images/pdf/electro_cables.pdf.
- Emison. (2012, 08 12). www.emison.com. Retrieved from www.emison.com: <http://www.emison.com/hornos%20discontinuos%20para%20cal.htm>
- GEMONA DEL FRIULI. (2011). MANUAL DE INSTALACIÓN. In MORE, MANUAL DE INSTALACIÓN (p. 15). ITALIA.
- Hassibi, M. (2009). FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA CAL VIVA (CAO). CHEMCO SYSTEMS.
- Herrera, M. L. (2010). Metalurgia. Retrieved from Metalurgia: <http://ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/metalurgia-y-siderurgia/materiales/Bloque%204%20Siderurgia.pdf>
- Hinsa. (2010, Octubre 13). produccioncal.blogspot.com. Retrieved from <http://produccioncal.blogspot.com/2010/10/video-1-produccion-de-cal.html>
- Medina , R. (2006, Mayo). Análisis de la viabilidad económica y de la sostenibilidad del uso de armaduras corrugadas de acero inoxidable en elementos de hormigón armado sometidos a clases generales de exposición agresivas. Aplicación a los elementos en contacto con aguas residuales. España.
- Monografias. (2014, 04 02). Retrieved from http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93xido_de_calcio#cite_ref-10
- Oviedo, U. d. (2005, 12 30). INSTALACIÓN DE AIRE. Retrieved from <http://web.uniovi.es/Areas/Mecanica.Fluidos/>
- PEREIRA, U. T. (2012, 07 28). METALOGRAFIA. Retrieved from METALOGRAFIA: <http://blog.utp.edu.co/metalografia/2012/07/28/5-5-diagrama-hierro-carbono-puntos-criticos-y-ejemplos-de-regla-de-la-palanca-2-2/>
- Refractarios Aldayacentes, SL. (2013). re-ald. Retrieved from http://www.re-ald.com/ladrillos_refractarios.html
- Romero, L. (2011, 05 11). Elementos de la Metalurgia. Retrieved from Elementos de la Metalurgia: <http://elementosdemetalurgiaromero.blogspot.com/2011/05/proceso-productivo-del-acero.html>
- Rosas, L. (2011). DISEÑO DEL PLAN DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO INSTALACIÓN DE UNA PLANTA PROCESADORA . Puerto Ordaz.
- Royo, E. C. (1994). Aire comprimido, Teoría y cálculo de instalaciones. S.A. EDICIONES PARANINFO.
- Ruiz, R. (2008). Gestión de Operaciones.
- Solar, C. C. (2013, 08 15). CODESOLAR. Retrieved from CODESOLAR: <http://www.codesolar.org/Energia-Solar/Energias-Renovables/Bombas-Agua/Pedrollo-Bomba-JSW-JSWM-3BH-3AM.html>
- TAPIA, L. J. (2011, 07 28). SIDERURGICA. Retrieved from SIDERURGICA: <http://siderurgiavoca2.blogspot.com/2011/07/produccion-de-arrabio.html>
- Valle, S. d. (2009). Manual Práctico de Acústica (Terceira ed.). Rio de Janeiro : Música & Tecnología.
- Weldg, M. (2013, octubre 14). metfusion. Retrieved from <http://metfusion.wordpress.com/2013/10/14/fabricacion-y-procesamiento-del-acero/>
- Zhengzhou, H. (2014). Henan Zhengzhou Mining Machinery Co., Ltd. Retrieved from <http://es.inczk.com/contents/2/118.html>

