

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y DESCARGA DE  
UN HORNO DE REACTIVACIÓN TÉRMICA DE 3 TN/DÍA”**

**INFORME DE SUFICIENCIA.  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECATRÓNICO.**

**ROBERT POMA GRADOS.  
Promoción 2007-II**

**Lima – Perú**

**2011**

## TABLA DE CONTENIDOS

TITULO:

### “AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y DESCARGA DE UN HORNO DE REACTIVACIÓN TÉRMICA DE 3 TN/DÍA”

PROLOGO

<b>CAPITULO I : INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 ANTECEDENTES.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 OBJETIVOS.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2.2 OBJETIVO ESPECIFICO.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 ALCANCES.....</b>	<b>2</b>
<b>1.5 LIMITACIONES.....</b>	<b>3</b>
<b>CAPITULO II : DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ORO.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 PROCESOS DE LA MINERÍA DE TAJO ABIERTO.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 CARBÓN ACTIVADO.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.1 PROPIEDADES DEL CARBÓN ACTIVADO.....</b>	<b>8</b>

<b>2.3</b>	<b>REACTIVACIÓN TÉRMICA.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3.1</b>	<b>MECANISMO DE ADSORCIÓN DEL COMPLEJO CIANURACIÓN DE ORO EN CARBÓN ACTIVADO.....</b>	<b>12</b>
<b>2.3.2</b>	<b>CARBÓN EN COLUMNAS.....</b>	<b>14</b>
<b>2.4</b>	<b>REACTIVACIÓN QUÍMICA.....</b>	<b>17</b>

**CAPITULO III : IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE LA BAJA EFICIENCIA  
EN EL PROCESO DE LIMPIEZA DE CARBÓN ACTIVADO.....18**

<b>3.1</b>	<b>HORNO DE REACTIVACIÓN TÉRMICA.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL HORNO DE REACTIVACIÓN.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.1</b>	<b>PARTES PRINCIPALES DEL HRT.....</b>	<b>20</b>
<b>3.3</b>	<b>PROBLEMA DE ALIMENTACIÓN Y DESCARGA.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3.1</b>	<b>PROBLEMA DE ALIMENTACIÓN.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3.2</b>	<b>PROBLEMA DE DESCARGA.....</b>	<b>23</b>

**CAPITULO IV : PRESENTACIÓN DEL MARCO TEÓRICO.....25**

<b>4.1</b>	<b>VARIADOR DE VELOCIDAD.....</b>	<b>25</b>
<b>4.1.1</b>	<b>VENTAJAS.....</b>	<b>28</b>
<b>4.2</b>	<b>MICRO PLC.....</b>	<b>29</b>
<b>4.2.1</b>	<b>MODOS DE PROGRAMACIÓN.....</b>	<b>31</b>

4.2.1.1	LENGUAJE LADDER.....	31
4.2.1.2	LENGUAJE FBD.....	32
4.3	SENSOR DE TEMPERATURA.....	33
4.4	MOTOR ELÉCTRICO DE VIBRACIÓN.....	35
4.4	SENSOR DE NIVEL.....	37
<b>CAPITULO V</b>	<b>: SUSTENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....</b>	<b>38</b>
5.1	SISTEMA DE CARGA Y DESCARGA PROPUESTO.....	38
5.1.1	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.....	39
5.1.1.1	ANÁLISIS DE SENSORES DE NIVEL.....	40
5.1.1.2	PROGRAMACIÓN DE VARIADOR.....	42
5.1.2	SISTEMA DE DESCARGA.....	47
5.1.2.1	ANÁLISIS DE SENSOR DE TEMPERATURA.....	49
5.1.2.2	PROGRAMACIÓN DE VARIADOR.....	51
5.1.2.3	PROGRAMACIÓN DE MICRO PLC.....	56
5.2	ANÁLISIS DE COSTOS.....	58
5.3	EFICIENCIA MEJORADA.....	62
5.4	INDICADORES DE RENDIMIENTO.....	67

CONCLUSIÓN.....	68
RECOMENDACIÓN.....	69
BIBLIOGRAFÍA.....	70
PLANOS.....	71
APÉNDICE.....	75

## PRÓLOGO

El presente trabajo está enfocado en la Automatización de un Sistema de Alimentación y Descarga de un Horno de Reactivación Térmica de Carbón Activado para una Mina de tajo abierto.

El primer capítulo se menciona los objetivos, justificación, alcances, limitaciones del informe.

El segundo capítulo trata la descripción del proceso de obtención de oro.

El tercer capítulo trata de identificar el problema de la baja eficiencia del horno en el proceso de limpieza de carbón activado.

El cuarto capítulo trata de presentar el marco teórico relacionado a los equipos utilizados en este proyecto.

El quinto capítulo trata de la sustentación de de la solución del proyecto en mención tanto económico como técnico.

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1 ANTECEDENTES**

Perú posee reservas ricas en oro, y también de plata, cobre y zinc que lo convierten en una nación eminentemente minera, con ingresos anuales por canon minero (derecho de extracción) por 3.199 millones de soles (unos 1.142 millones de dólares) La producción de oro en Perú lo convierte en el 1º en Latinoamérica y en el 6º mundial. Por lo tanto muchos de estos equipos utilizados en los diversos procesos mineros son importantes, como los hornos de reactivación térmica de carbón activado, que juegan un papel importante en las minas de tajo abierto.

### **1.2 OBJETIVOS**

#### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL.**

Automatizar el sistema de alimentación y descarga de un horno de reactivación térmica de 3 TN/día; para mejorar el proceso de limpieza del carbón activado con el fin de ser reutilizado en el proceso de recuperación de oro.

### **1.2.2 OBJETIVO ESPECIFICO.**

- Mejorar el rendimiento del horno que se emplea para sacar la impureza alojada en los micro poros del carbón en el proceso de adsorción y desorción de mineral por el método de cianuración (proceso de Lixiviación en pilas).
- Disminuir los tiempos de mantenimiento en el proceso de alimentación y descarga del horno.
- Obtener un carbón con propiedades de adsorción similares al carbón activado nuevo, listo para reemplazar al carbón rico que se descarga de los circuitos de adsorción.
- Disminuir el desgaste de partes mecánicas de la bandeja que alimenta al horno.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Aumentar la eficiencia del Horno, evitar paradas por mantenimiento, mejorar en tiempo costo y calidad.

### **1.4 ALCANCES**

Este Trabajo tiene como alcance, la mejora del proceso de limpieza de carbón activado, para ser reutilizado y darle las condiciones iniciales (propiedades físicas y químicas) de recuperación de oro, por medio de la automatización del proceso



de alimentación y descarga del horno de reactivación térmica; al cual adicionaremos equipos de instrumentación necesarios.

## **1.5 LIMITACIONES**

Este trabajo no está orientado al sistema de generación de la corriente necesaria para la limpieza del carbón, ni al control del horno en sí. Este trabajo se centra en el sistema de la alimentación y descarga, la cual juega un papel muy importante.

## **CAPITULO II**

### **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ORO Y LIMPIEZA DEL CARBÓN ACTIVADO.**

#### **2.1 PROCESO DE LA MINERÍA DE TAJO ABIERTO.**

EL proceso que se emplea para la recuperación del oro y la plata de sus minerales es el método de cianuración por el proceso de Lixiviación en pilas. El mineral es transportado mediante camiones hasta las pilas de mineral donde se acumula en forma ascendente sobre una plataforma (pad) impermeabilizada con geomembranas de HDPE 60,000 Mil y sistemas de arcilla compactadas. El mineral acumulado en los pads se riega con una solución diluida de cianuro en medio alcalino pH mayor de 10.0 La solución es enviada mediante bombas y distribuida sobre la superficie del mineral con un sistema de riego por aspersion y riego por goteo. La solución cianurada percola a través de la pila disolviendo el oro y la plata hasta recolectarse en la parte más baja de la pila siendo almacenada ésta solución rica de oro y plata en pozas protegidas con geomembranas.

El mineral es transportado mediante volquetes desde los diferentes tajos de producción hacia los pads, en donde son descargados y mezclado con la cal u óxido de calcio para dar alcalinidad y protección a las soluciones cianuradas de lixiviación. Las pilas o lift de lixiviación son de capacidad de 70,000 a 100,000 TM de mineral, los cuales son removidos en la superficie con el lampón del tractor, aflojando la capa compactada por los equipos de transporte. Luego se nivela con el mismo lampón y dando el acabado final con la motoniveladora y pasando el ripper.

Las soluciones cianuradas cargadas con oro son enviados mediante bombas para ser recuperados con el carbón activado en la Planta de ADR. Se tiene 11 circuitos de adsorción con cinco columnas cada uno y tres circuito de 6 columnas, con un estimado de 147 ton carbón activado en los circuitos de adsorción. La capacidad de las columnas son de 4.0 ton para el circuito de 6 columnas, 7 circuitos de 2.0 ton y un circuito es de 1 ton por columna.

Las soluciones empobrecidas son almacenadas en la poza barren, por tener bajo contenido de oro son retornados a las pilas mediante bombas reajustando la concentración de cianuro libre.

El carbón rico con oro y plata es recuperado en las plantas de desorción de alcohol y de presión, teniendo la capacidad de 2 y 6 TM de carbón. La desorción se realiza con soluciones alcalinas y a temperaturas de 80°C para la Planta de Alcohol y 145°C para la Planta de Presión aplicando 50-60 psi. O libras /pulg<sup>2</sup>.

Las soluciones de la desorción son recuperadas independientemente en celdas electrolíticas siendo electro depositado los metales preciosos. Obteniendo un

concentrado catódico de los cátodos de acero inoxidable en la Planta de Alcohol y Planta de Presión. El concentrado es filtrado y el keke obtenido es fundido.

Los concentrados de oro y plata son mezclados con los fundentes en cantidades apropiados y fundidos en el horno de crisol a la temperatura de 1200°C. Obteniéndose la barra dore de oro y plata en las lingoteras dispuestas en cascada para cada colada.

Durante la fundición se extraen los vapores metálicos y polvos a través de la campana extractora ubicado sobre el horno de crisol. Los gases atrapados por la campana son llevados por un ducto y enviados al Scrubber que opera con rociadores de agua entrando los gases por inmersión en el agua recuperando los polvos metálicos. Los gases finales y limpios salen del Scrubber por el extractor centrifugo evitando la contaminación del medio ambiente. A continuación se ha instalado un lavador final para asegurar la no contaminación del medio ambiente.

Para retornar las propiedades de adsorción del carbón desorcionado, se aplican los procesos de reactivación química y reactivación térmica. Consiste en el lavado ácido del carbón en reactor de acero inoxidable con ácido clorhídrico, eliminando las sustancias carbonatadas y caliche que son perjudiciales al proceso de recuperación de oro. Los carbones son tratados en cuatro hornos Minfurn eléctrico de capacidad 42 kg/h cada uno y el horno de reactivación térmica N° 05 con una capacidad de 125 kg/h, que reactivan térmicamente al carbón empleando temperaturas alrededor de 700°C. Obteniendo un carbón con propiedades de adsorción de mayor capacidad y listo para reemplazar al carbón rico que se descarga de los circuitos de adsorción.

## 2.2 CARBÓN ACTIVADO.

Una de las principales propiedades del carbón activado es su selectividad por el oro y la plata ante la presencia de otros complejos cianurados de cobre, níquel y hierro, presentes en las soluciones. En particular, el proceso de adsorción de oro por carbón activado se ha convertido en nuestros días, en la tecnología preferida para la recuperación de oro de soluciones diluidas (concentraciones inferiores a 1gAu/l), en donde el proceso de cementación con cinc resulta menos eficiente.

En las plantas modernas, el carbón activado se usa como una etapa de concentración de la solución, para luego recuperar el oro por medio de la electro deposición. *“El proceso integral considera cuatro operaciones principales: la adsorción del oro en el carbón; la elusión o desorción; la electro deposición del oro y la regeneración del carbón para su reciclado”.*

Se puede considerar al carbón activado como un polímero orgánico complejo, poseedor de una gran superficie específica y una gran capacidad de adsorción, alto grado de reactividad en su superficie y un tamaño de poros que permite el ingreso de moléculas a su interior. Prácticamente cualquier tipo de carbón puede adsorber el complejo cianurazo de oro, sin embargo, el carbón activado, fabricado expresamente para este propósito, recuperará el oro de una solución de lixiviación, con mayor eficiencia y en menor tiempo.

Se puede fabricar carbón activado de cualquier compuesto que contenga carbono, sin embargo, es usual utilizar madera, cuescos de coco, carbón bituminoso, antracita,

semillas de frutas, cáscaras de nueces. El tipo de materia prima y el proceso de activación, le conferirá ciertas características físicas al producto, tales como dureza, resistencia a la abrasión, tamaño de poro, grupos funcionales de superficie, PH, etc.

### **2.2.1 PROPIEDADES DEL CARBÓN ACTIVADO.**

Las propiedades de adsorción que posee el carbón activado se deben a su gran superficie específica, alto grado de reactividad de su superficie, al tamaño de los poros que permiten el acceso de moléculas al interior de las partículas y a diversos grupos funcionales de superficie, que dependen de las materias primas y de los proceso de activación. La elevada reactividad de superficie está relacionada con valencias desapareadas, de tipo covalente, que constituyen "sitios activos" en el carbón activado, además de atracciones por fuerzas tipo Van der Wals.

Los macro poros, con radios superiores a 200 nanómetros, tienen una superficie específica baja, pero sirven como conductos de paso hacia el interior donde se encuentran meso poros (con radios entre 1,6 a 200 nanómetros) y micro poros (con radios menores a 1,6 nanómetros), que es donde realmente se produce la adsorción, por lo que, un carbón activo de calidad debe presentar una importante micro porosidad, pero además una meso y macro porosidad suficiente que permita una difusión rápida al interior de las partículas de carbón activado. (Oudenne, 1991).

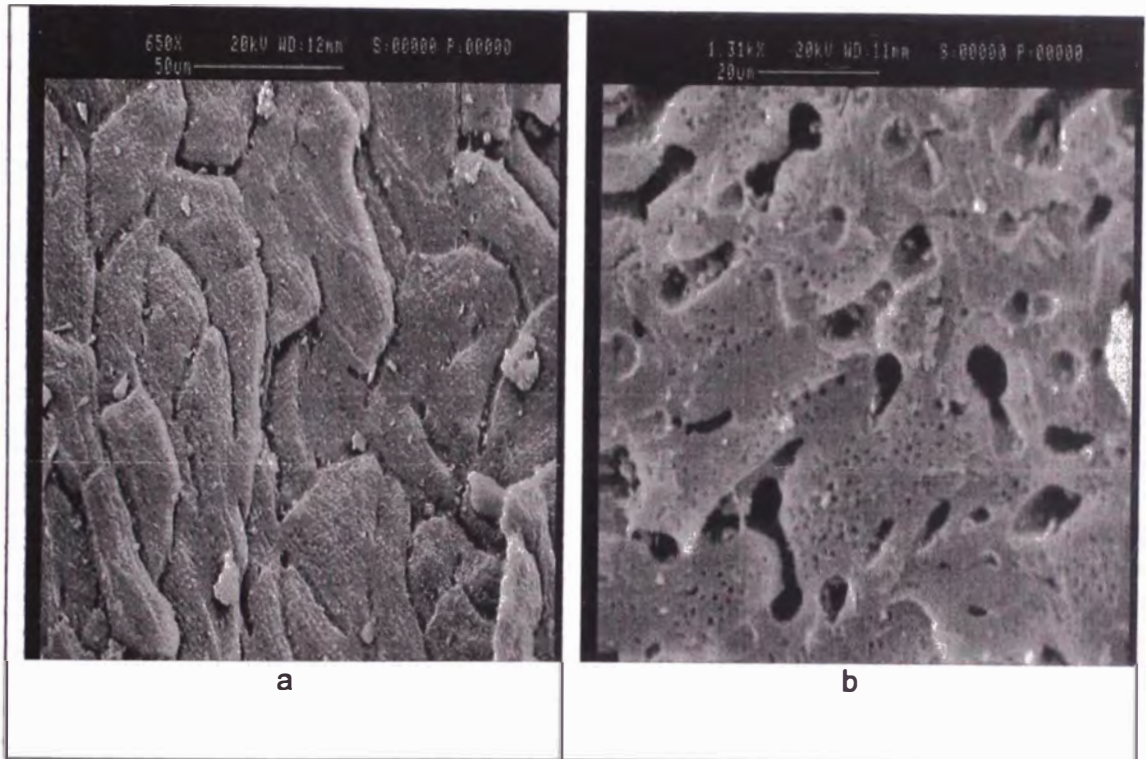


Figura 2.1 Microscopía electrónica SEM a. Carbón, b. Carbón activado de cuesco de palmaste con 1000 m<sup>2</sup>/g de superficie específica producido por carbonización en atmósfera inerte y activación con vapor de agua.

En la figura 2.1, se observa la diferencia entre un carbón y un carbón activado que posee una macro porosidad visible, y en la figura 2.2 se esquematiza la estructura interna del carbón activado.

La forma más sencilla para determinar el tipo de porosidad en un carbón activado es la determinación de los índices de yodo, azul de metileno, de decoloración de melaza (o azúcar), que además de establecer el micro porosidad, meso porosidad y macro porosidad respectivamente, permiten determinar sus propiedades adsorbentes

de micro y macro moléculas. Además el índice de yodo se relaciona directamente con la superficie específica del producto. En la figura 2.3 se esquematizan el significado de estos índices.

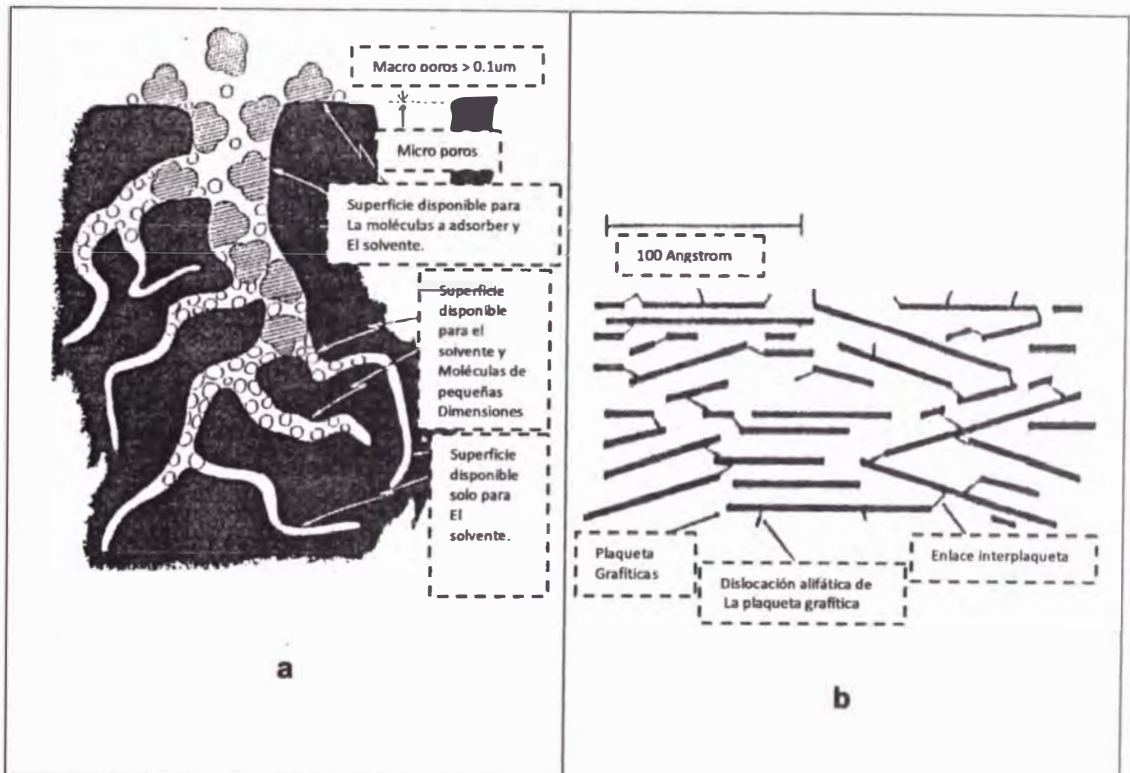


Figura 2.2. Esquema de la estructura interna del carbón activado a. Porosidad b. cristalitas elementales de carbón, "plaquetas graníticas".



Figura 2.3 Prueba de propiedades absorbentes de carbón (índice)



### 2.3 REACTIVACIÓN TÉRMICA.

La forma simplificada del proceso de reactivación o regeneración térmica del carbón activado, se muestra en los siguientes elementos principales: caracterización del carbón, tanque de lodo de carbón, almacenamiento y drenaje, almacenamiento y clasificación de tamaños y el horno. El sistema de transporte y regeneración se ocupa del movimiento del carbón hacia y desde el horno de regeneración del carbón y la introducción y transporte del carbón fresco nuevamente al sistema. Ver figura 2.4.

En este informe solamente nos dedicaremos a desarrollar una parte del sistema del horno, que es la alimentación y descarga; más no su propia unidad de control del horno en sí. Más adelante se verá con más detalle el desarrollo del mismo.

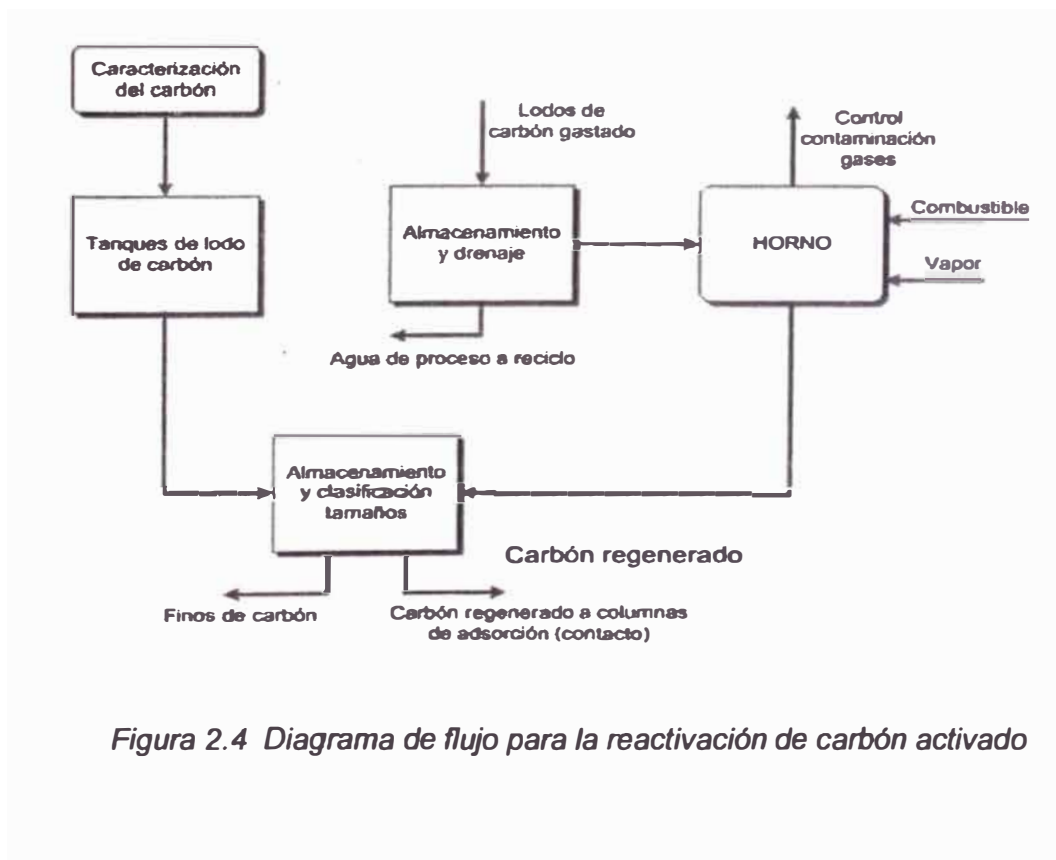
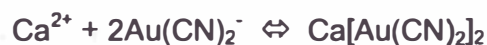


Figura 2.4 Diagrama de flujo para la reactivación de carbón activado

### 2.3.1 MECANISMO DE ADSORCIÓN DEL COMPLEJO CIANURACIÓN DE ORO EN CARBÓN ACTIVADO.

La adsorción es un proceso físico, exotérmico, asociado a fuerzas de Van der Waals, a la alta tensión superficial por efecto de elevada superficie interna y debido a desbalance de fuerzas en los extremos (filos) de la estructura carbonácea.

El complejo cianurado de oro se adsorbe en el carbón activado como molécula neutra, (teoría del Ion par), en donde el complejo cianurado auroso, se combina con un catión, preferentemente  $\text{Ca}^{2+}$ , y de esa manera es apto para ser adsorbido por el carbón activado.



El mecanismo de adsorción es reversible, por el cual, el oro puede ser extraído desde la superficie del carbón mediante un proceso de elusión que altere las condiciones de equilibrio, con un incremento de la temperatura y/o mayor concentración de cianuro.

En la adsorción se tiene preferencia por compuestos con menores tamaños atómicos, así por ejemplo:  $\text{Au}(\text{CN})_2^- > \text{Hg}(\text{CN})_2 > \text{Ag}(\text{CN})_2^- > \text{Cu}(\text{CN})_3^- > \text{Zn}(\text{CN})_4^- > \text{Ni}(\text{CN})_4^- > \text{Fe}(\text{CN})_6^-$

Por tanto, es de mucho interés práctico, establecer isotermas de adsorción del complejo cianurado de oro, con el fin evaluar su comportamiento frente a otros iones que compiten por la superficie disponible del carbón activado y por los sitios activos.

En base de las isothermas de adsorción se determina la capacidad de carga del carbón activado, y con fines comparativos se denomina "K value" a la capacidad de adsorción del complejo de oro (mgAu/g C. Activado) para una concentración de equilibrio de 1 mg Au/l, utilizando una solución sintética de AuK(CN)<sub>2</sub>. En las figuras 2.5 y 2.6 se presentan los resultados experimentales de una isoterma de adsorción.

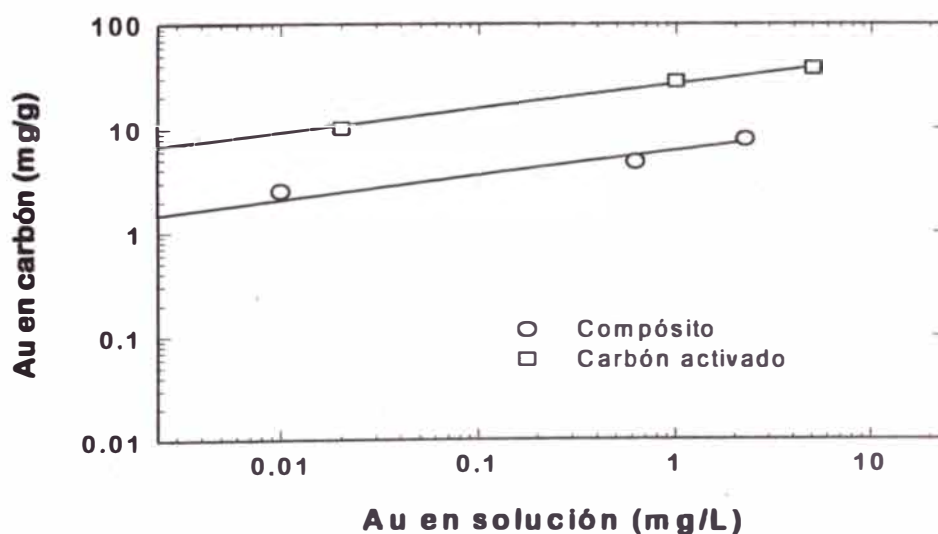


Figura 2.5 Diagrama oro en solución vs oro en carbón (capacidad de absorción)

### CURVAS DE VELOCIDAD DE ADSORCION

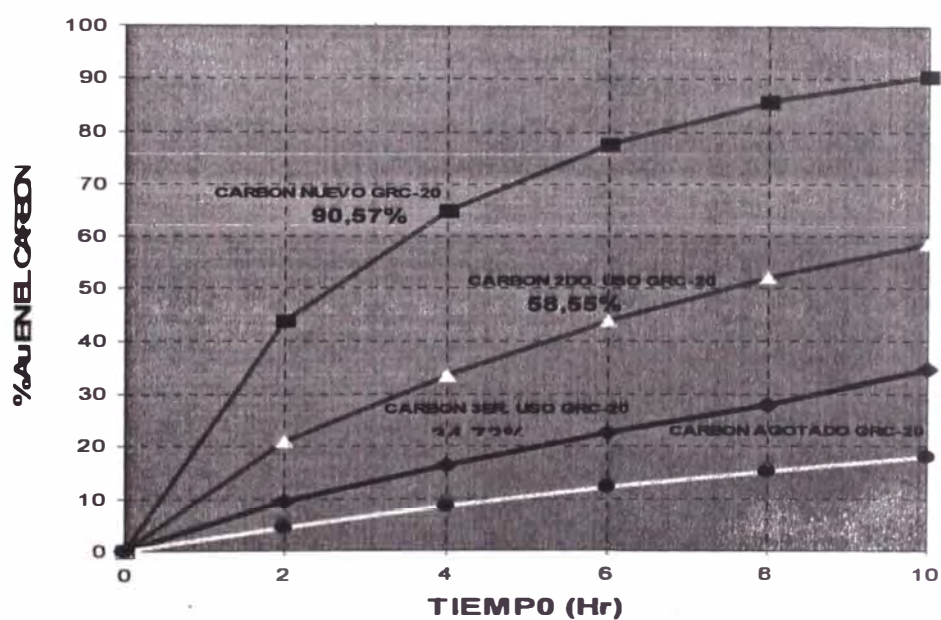


Figura 2.6 Isotermas de adsorción de oro para carbón activado ( $K= 30$  mg Au/g C.A.) y un compuesto carbón activado-resina de intercambio catódico ( $K= 8$  mg Au/g Compuesto).

### 2.3.2 CARBÓN EN COLUMNAS.

En esta operación, se trabaja con soluciones clarificadas o semiclarificadas provenientes de operaciones de lixiviación en pilas, de piscinas, de efluentes de espesadores o en soluciones de reciclaje para eliminación de impurezas. La solución

se hace pasar por una serie de columnas empaquetadas con carbón, ya sea de manera ascendente o descendente, en un lecho fluido.

La principal ventaja de este método, es el hecho de que se disminuyen las posibilidades de rotura del carbón, al no estar en movimiento el carbón, ni tener contacto con la pulpa.



Figura 2.7 Circuito de Adsorción, de 4.0 Ton. de carbón activado por columnas.

## 2.4 REACTIVACIÓN QUÍMICA

Se realiza con la finalidad de eliminar las deposiciones de carbonatos que se incrustaron en el carbón porque los iones de calcio disminuyen la capacidad de

absorción del carbón. Este proceso se lleva a cabo en el circuito de lavado ácido clorhídrico por el carbón. El ácido clorhídrico se adiciona en pequeñas cantidades previa medición del pH, hasta llegar a valores menores de 2. Si el pH no sube de 2, el proceso concluye luego de transcurrido aproximadamente una hora.

La solución final, de la reactivación química es neutralizada con una solución de hidróxido de sodio que luego es conducida a la poza barren. Ver Figuras 2.8, 2.9

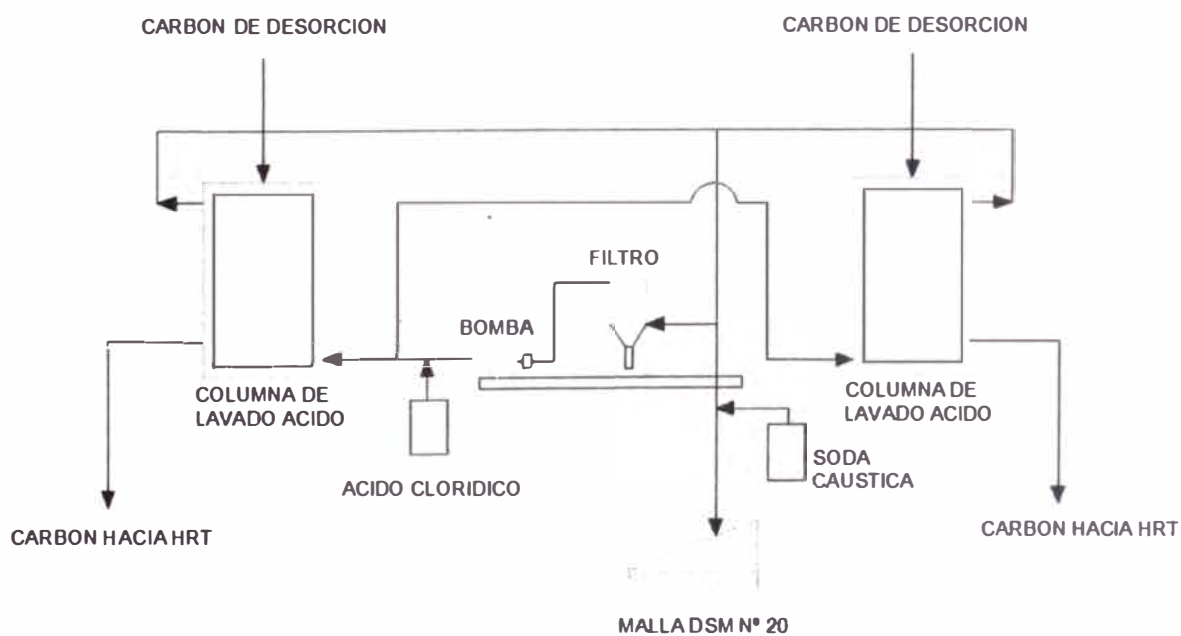


Figura 2.8 Diagrama de planta de reactivación química por lavado ácido.

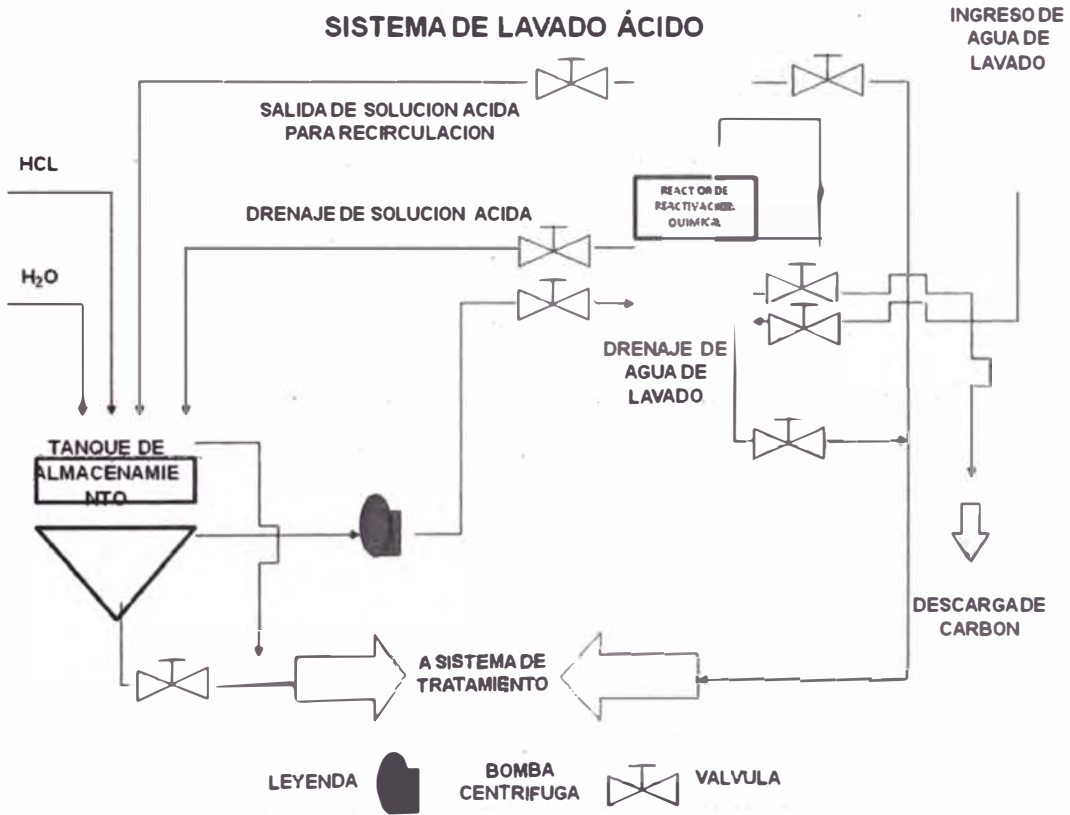


Figura 2.9 Esquema de lavado acido antes del ingreso al HRT.

## **CAPITULO III**

### **IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE LA BAJA EFICIENCIA EN EL PROCESO DE LIMPIEZA DE CARBÓN ACTIVADO.**

#### **3.1 HORNO DE REACTIVACIÓN TÉRMICA.**

Consiste en pasar el carbón activado por un horno a una temperatura de 700 °C, para devolverle sus propiedades físicas y poder reutilizarlo en el proceso. A esta temperatura, cualquier indicio de carbonato restante se transforma en gas CO<sub>2</sub>.

Actualmente, en algunas minas del país, están utilizando el Horno eléctrico, marca Minfurn de procedencia Sudafricana, de tipo Vertical, logrando pasar hasta 125 Kg/h. de carbón.

El carbón saliente del horno pasa a un Tanque de agua fría (Quench tank) con el fin de activarlo nuevamente, debido al cambio brusco de temperatura y así poder usarlo en el proceso de adsorción.

#### **3.2 CARACTERÍSTICAS DEL HORNO DE REACTIVACIÓN.**

El proceso consiste en pasar el carbón a través del horno a 375 voltios y 55 amperios. Cuantas más impurezas tenga el carbón, mayor será el tiempo de retención en el horno asegurando de esta forma una buena reactivación de este. En 24 horas de



operación del horno se puede obtener 3 toneladas de carbón reactivado con un solo horno. El consumo de energía eléctrica en el horno de reactivación es de 1680 kw día de carbón reactivado.

Reactivado un lote de carbón, se pasa éste, mediante un aductor, por una malla Nro. 20, a fin de clasificar y retornar el carbón de mayor tamaño que dicha malla, al circuito de adsorción; el fino se almacena para un tratamiento futuro. Ver Figura 3.1.

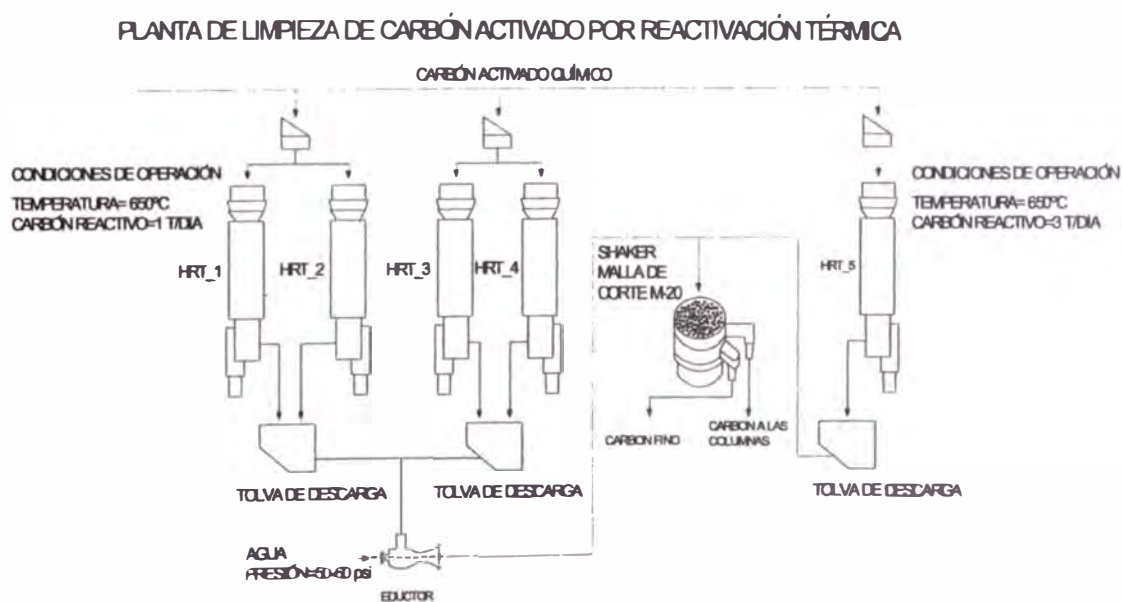


Figura 3.1 Planta de HRT

### 3.2.1 PARTES PRINCIPALES DEL HRT.

Las partes principales del sistema del horno de reactivación térmica (HRT) se muestran en la figura 3.2

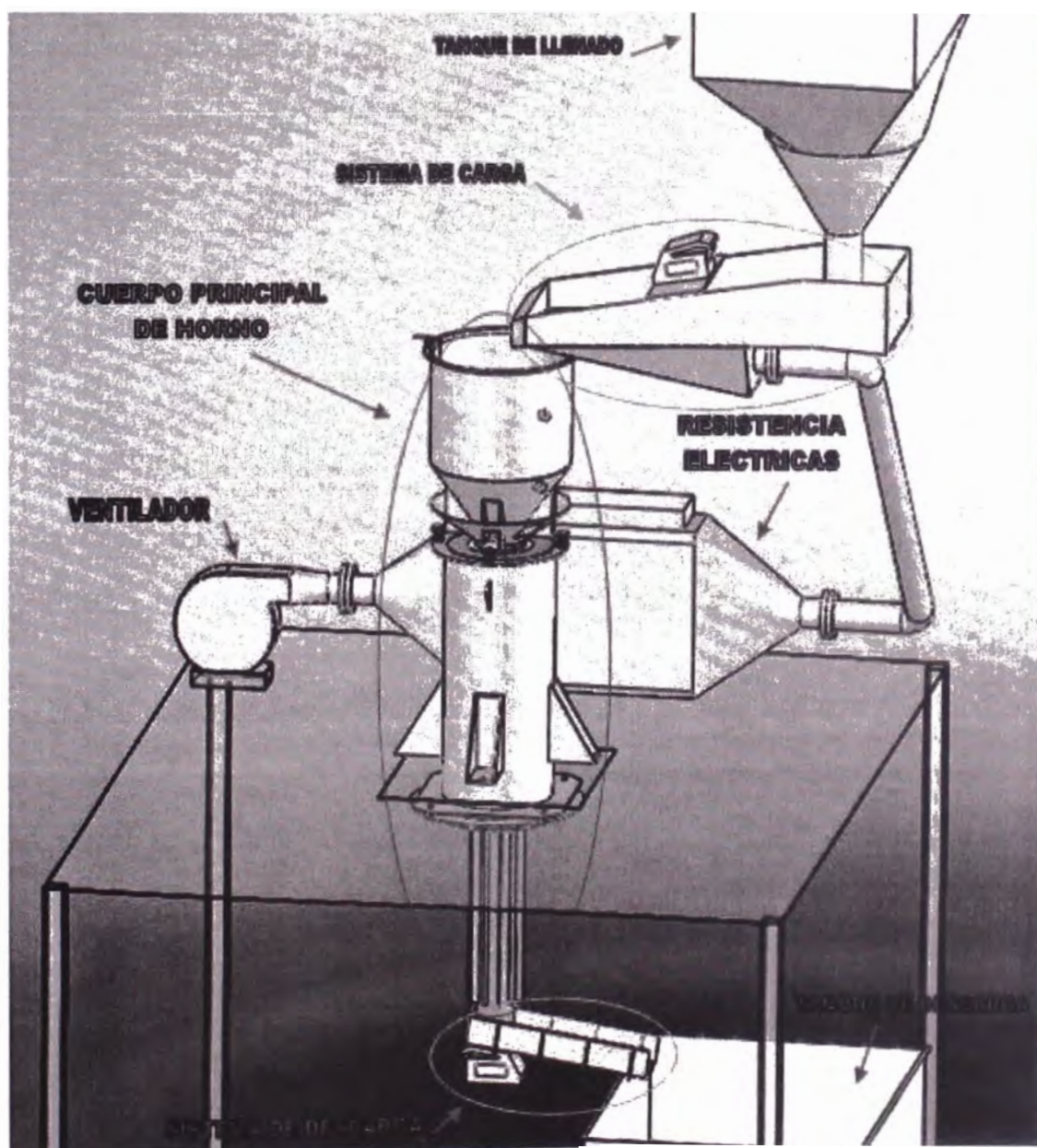


Figura 3.2 partes principales del HRT

Haremos una breve descripción de las principales características que son listadas en la siguiente tabla:

Tabla 3.1

Nº1	Sistema	Característica	Figura
1	Tanque de llenado	Es un depósito de carbón proveniente del lavado ácido, que se encuentra en la parte superior, que por gravedad descarga el carbón hacia la bandeja de alimentación.	3.2
2	Sistema de alimentación o de carga	Este sistema consta de una bandeja que tiene conectado un motor de vibración la cual ayuda a trasladar el carbón desde la bandeja de llenado a la tolva del HRT. En este proyecto mejoraremos este sistema.	3.2
3	Tolva	Recibe el carbón de la bandeja de alimentación. Controla los niveles de carbón mediante un sistema control central, que consta de 3 sensores de nivel de sólidos, el cual trataremos de mejorar mediante este proyecto.	3.3
4	Cuerpo del horno	El cuerpo del horno es donde el carbón llega a su temperatura óptima, mediante dos electrodos que hacen fluir la corriente a través del carbón, para lograr eliminar las impurezas no deseadas.	3.4
5	Enfriador	Es un intercambiador de calor necesario para que el carbón complete el ciclo (tiempo y temperatura adecuada).	3.3
6	Sistema de descarga	Este sistema recibe el carbón del enfriador para trasladarlo al tanque de descarga. Costa de una bandeja y un motor de vibración magnética con su tarjeta de control. En este proyecto mejoraremos el funcionamiento de este sistema.	3.2

7	Tanque de descarga	Es donde se deposita el carbón luego de salir del horno, contiene agua a temperatura ambiente	3.2
8	Sistema de aire caliente	Este sistema se encarga de secar el carbón, mediante un ventilador que pasa por resistencias eléctricas, la cual calienta el aire que ingresa al sistema de alimentación	3.2

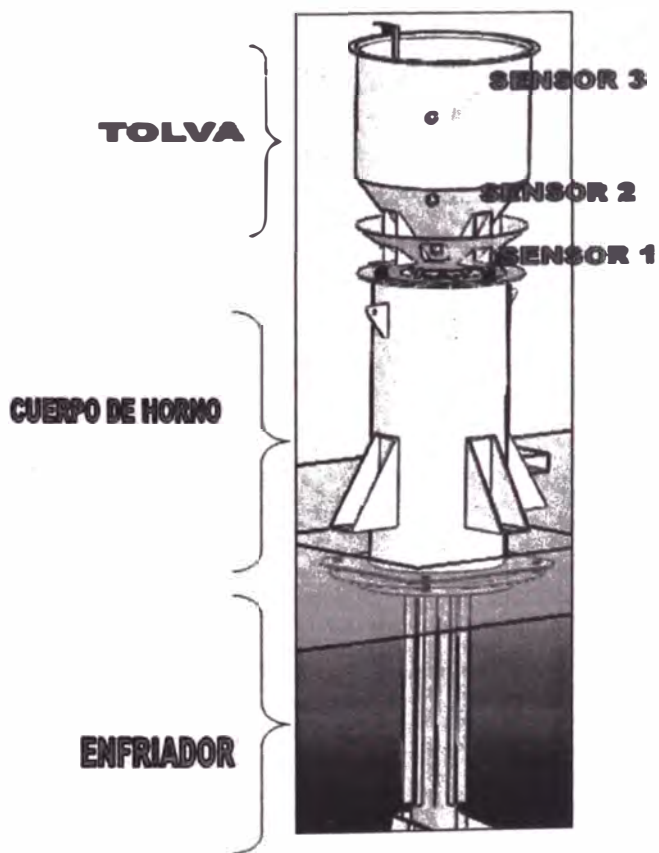


Figura 3.3 cuerpo principal del HRT

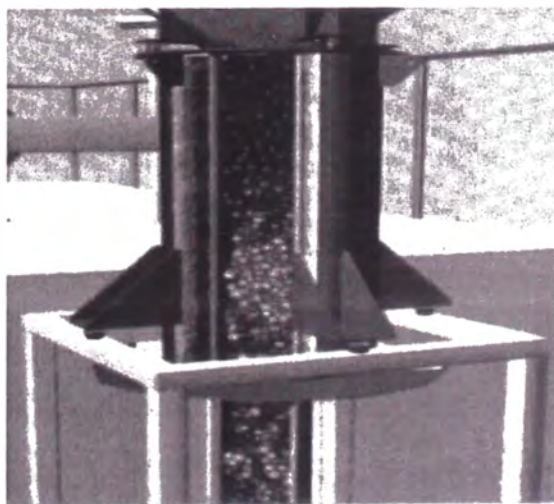


Figura 3.4 cuerpo del HRT

### 3.3 PROBLEMA DE LA CARGA Y DESCARGA.

El problema con más frecuencia encontrado en el horno de reactivación térmica está en la alimentación y descarga del mismo.

#### 3.3.1 PROBLEMA DE ALIMENTACIÓN

- *Rotura de bandeja de alimentación.*

Esto se debe a que el motor eléctrico que controla las vibraciones por contrapesas que se ubica encima de la bandeja de alimentación como se aprecia en la figura 3.5. Funciona con un arranque directo a su plena carga.

- *Desgaste de motor eléctrico rápidamente.*

El funcionamiento a su plena carga, las vibraciones máximas posibles. Ocasiona que el desgaste de los rodamientos sea rápido.

- *No regula adecuadamente la alimentación de llenado a la tolva*

Cuando esta por llenarse la tolva, las vibraciones sigue siendo la máxima.

#### 3.3.2 PROBLEMA DE DESCARGA

- *La bandeja de descarga del horno, que funciona con un motor de vibración magnética no es regulable.*

Esto es el causante de la mala descarga de carbón al tanque de llegada.

- *Si el tiempo de descarga no es el adecuado el carbón puede quemarse*

Esto alterando sus propiedades físico-químicas (absorción de oro)

- *La bandeja de descarga no interactúa con la temperatura necesaria para el proceso.*

La velocidad de descarga influye directamente a la temperatura de salida.

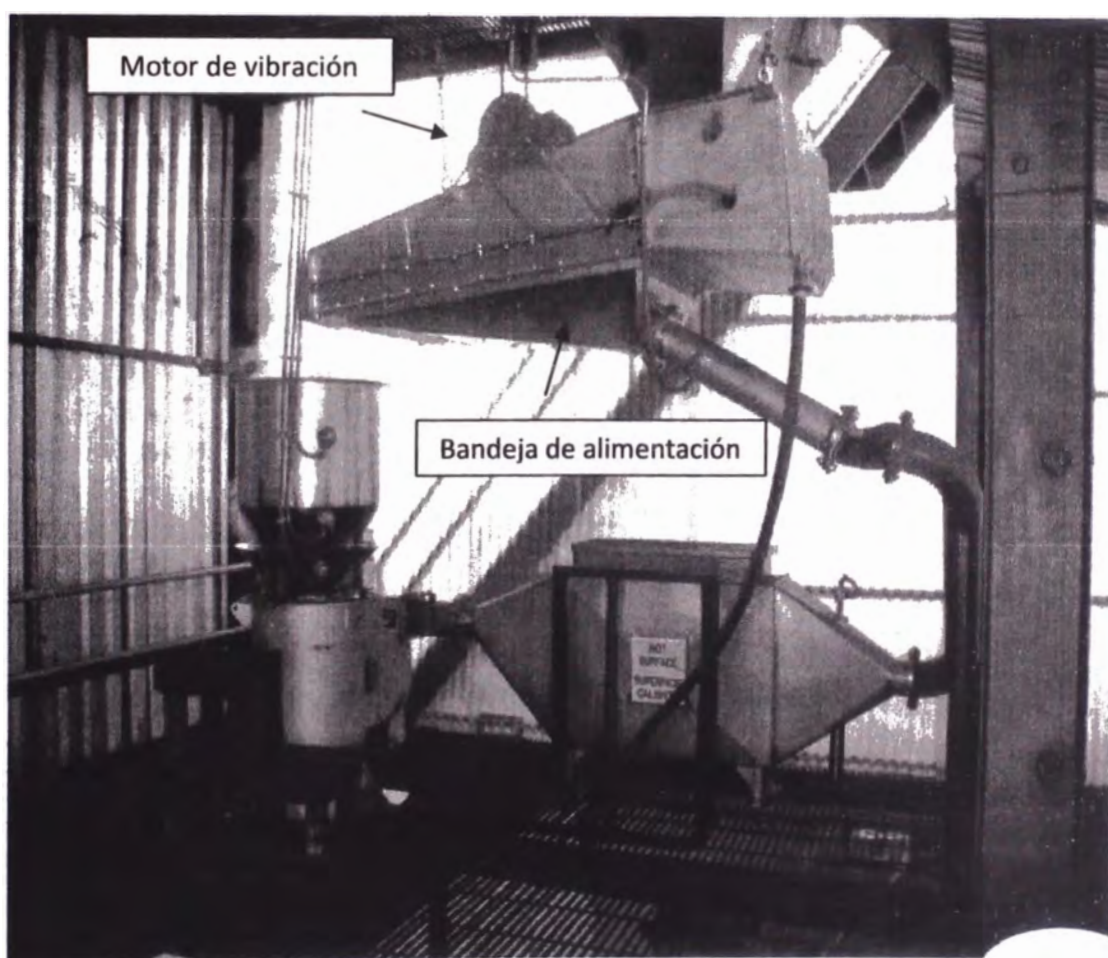


Figura 3.5 Proceso de alimentación del HRT

## CAPITULO IV

### PRESENTACIÓN DEL MARCO TEÓRICO

#### 4.1 VARIADOR DE VELOCIDAD

Un variador de velocidad o de frecuencias es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA, microdrivers o inversores. Dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia).

El modelo y la marca del variador a ser utilizado en este proyecto es el modelo ACS800-01/U1 de ABB (ver anexo). Como se muestra en la figura.



Figura 4.1 Variador de velocidad ABB

Una gran parte de los equipos utilizados en la industria moderna funcionan a velocidades variables, como por ejemplo los trenes laminadores, los mecanismos de elevación, las máquinas-herramientas, etc. En los mismos se requiere un control preciso de la velocidad para lograr una adecuada productividad, una buena terminación del producto elaborado, o garantizar la seguridad de personas y bienes.

El variador de velocidad está compuesto básicamente por un rectificador y un inversor como se aprecia en la figura 4.2. Los rectificadores usualmente son de puente trifásico de diodos, pero también se usan rectificadores controlados. Debido a que la energía es convertida en continua, muchas unidades aceptan entradas tanto monofásicas como trifásicas (actuando como un convertidor de fases). Tan pronto como aparecieron los interruptores semiconductores fueron introducidos en los VFD, ellos han sido aplicados para los inversores de todas las tensiones que hay disponible. Actualmente, los transistores bipolares de puerta aislada (IGBTs) son usados en la mayoría de circuitos inversores.

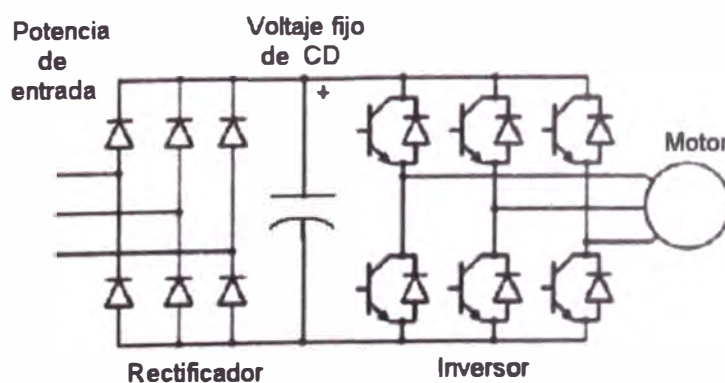


Figura 4.2 Esquema básico de variados de frecuencia



Una las aplicaciones en este proyecto es reducir la corriente de arranque que generalmente está entre 3 a 6 veces la corriente nominal como se aprecia en la figura 4.3. Con un arranque suave lograremos evitarnos algunos problemas de los motores de vibración que se detalla más adelante.

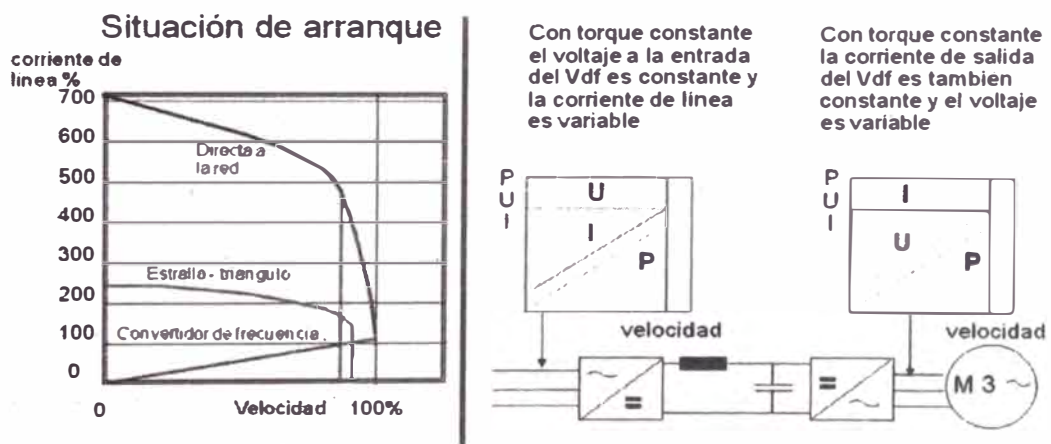


Figura 4.3 Corriente de arranque

El motor de corriente alterna, a pesar de ser un motor robusto, de poco mantenimiento, liviano e ideal para la mayoría de las aplicaciones industriales, tiene el inconveniente de ser un motor rígido en cuanto a su velocidad. La velocidad del motor asincrónico depende de la forma constructiva del motor y de la frecuencia de alimentación. Como la frecuencia de alimentación que entregan las Compañías de electricidad es constante, la velocidad de los motores asincrónicos es constante, salvo que se varíe el número de polos, el resbalamiento o la frecuencia.

El método más eficiente de controlar la velocidad de un motor eléctrico es por medio de un variador electrónico de frecuencia. No se requieren motores especiales, son mucho más eficientes y tienen precios cada vez más competitivos.

El variador de frecuencia regula la frecuencia del voltaje aplicado al motor, logrando modificar su velocidad. Sin embargo, simultáneamente con el cambio de frecuencia, debe variarse el voltaje aplicado al motor para evitar la saturación del flujo magnético con una elevación de la corriente que dañaría el motor.

#### **4.1.1 Ventajas**

Para el proyecto aplicaremos algunas de estas ventajas:

- Operaciones más suaves.
- Control de la aceleración.
- Distintas velocidades de operación para cada fase del proceso.
- Compensación de variables en procesos variables.
- Permitir operaciones lentas para fines de ajuste o prueba.
- Ajuste de la tasa de producción.
- Permitir el posicionamiento de alta precisión.
- Control de par de motor (torque)
- El variador de velocidad no tiene elementos móviles, ni contactos.
- La conexión del cableado es muy sencilla.
- Permite arranques suaves, progresivos y sin saltos.
- Limita la corriente de arranque.
- Permite el control de rampas de aceleración y deceleración regulables en el

tiempo.

- Consigue un ahorro de energía cuando el motor funcione parcialmente cargado, con acción directa sobre el factor de potencia
- Puede detectar y controlar la falta de fase a la entrada y salida de un equipo. Protege al motor.
- Puede controlarse directamente a través de un autómeta o microprocesador.
- Se obtiene un mayor rendimiento del motor.
- Nos permite ver las variables (tensión, frecuencia, rpm, etc.)

## 4.2 MICRO PLC

También llamado relé programable se utiliza para reemplazar sistemas de control antiguos basados en temporizadores, relés, contadores sencillos e incluso secuenciadores mecánicos. De esta forma, múltiples dispositivos se pueden sustituir por un único controlador lógico compacto que puede realizar todas las funciones de los temporizadores con retardo, cíclicos y relés lógicos.

La programación se basa ahora en bloques de funciones, por lo que no es necesario aprender lenguajes de programación, y se pueden crear aplicaciones que estén a pleno rendimiento en cuestión de horas y no en días o semanas.

Las funciones básicas son:

- Lógica booleana básica: funciones AND, OR y funciones de adición, y sustracción de enteros.

- Funciones de temporización: funciones de retardo al encendido, al apagado y cíclicas, entre otras muchas.
- Contadores: funciones de conteo ascendente y descendente con reset.
- Funciones de reloj: funciones basadas en reloj en tiempo real y día de la semana (frecuentemente para ahorro energético durante el día).

El que utilizaremos MICRO PLC que se utiliza en este proyecto es el zelio soft de Schneider-electric como se observa en la figura 4.4, la cual aplicaremos: la lógica booleana básica, funciones de temporización, contadores, etc. El cual detallaremos más adelante.



Figura 4.4 MICRO PLC ZELIO SOFT.

## 4.2.1 MODOS DE PROGRAMACIÓN

### 4.2.1.1 LENGUAJE LADDER

Permite programar y simular la aplicación con diagrama de contactos similar al lenguaje de programación Ladder, esquemas de contactos eléctricos o un esquema

que reproduce el aspecto del display de Zelio. Es la pantalla de programación que se utiliza desde Zelio Soft.

Facilidad de programación, gracias a la universalidad del lenguaje de contactos: Modo de "introducción libre" muy intuitivo: LADDER o símbolos eléctricos, 120 líneas de esquemas de control; 5 contactos + 1 bobina por línea de programación. Como se muestra en la figura 4.5.

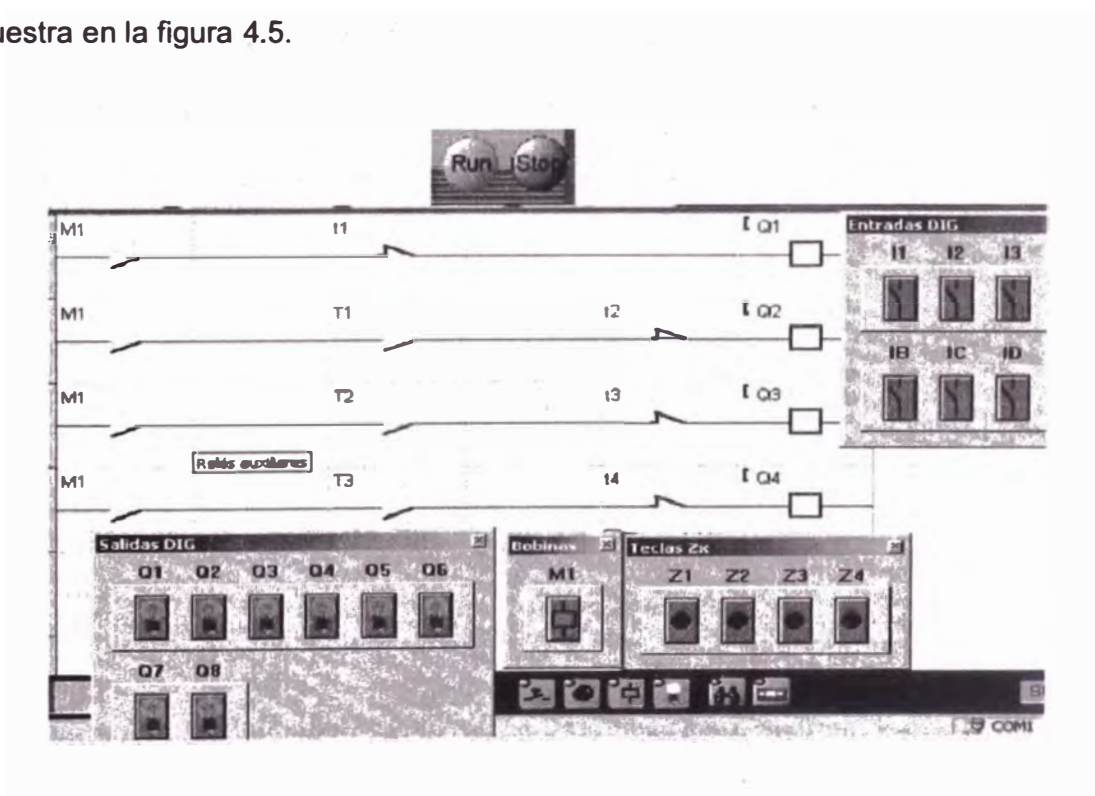


Figura 4.5 diagrama Ladder

#### 4.2.1.2 LENGUAJE FBD

Programación flexible y alta capacidad de proceso: hasta 200 bloques de función, que incluyen 23 funciones pre-programadas. Ver figura 4.7.

Para el proyecto utilizaremos este tipo de programación ya que permite insertar bloques, simulaciones, etc. Ya que por su versatilidad es un poco más sencillo de configurar que los otros tipos de programación. Ver figura 4.6.

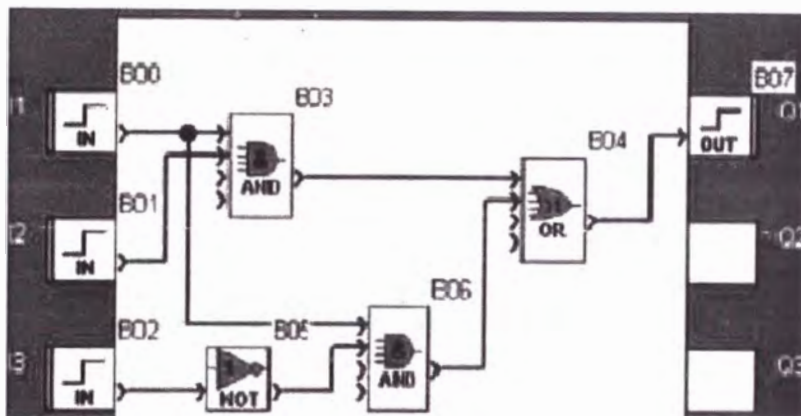


Figura 4.6 diagrama FBD

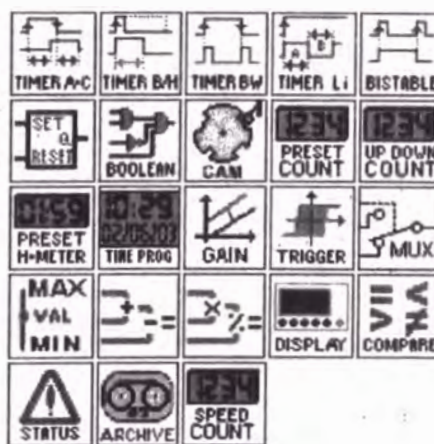


Figura 4.7 Funciones y comandos de lenguaje FBD

Funciones Grafset SFC (Sequential Function Chart): para los sistemas de automatización secuenciales. Ver figura 4.8. Para nuestro caso solo lo presentamos ya no es necesario su aplicación.

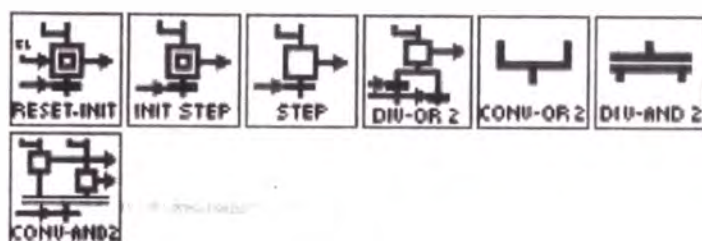


Figura 4.8 lenguaje de programación Grafcet

### 4.3.- SENSOR DE TEMPERATURA

Las termocuplas son los sensor de temperatura más común utilizado industrialmente.

Una termocupla se hace con dos alambres de distinto material unidos en un extremo (soldados generalmente). Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño (efecto Seebeck) del orden de los mili volts el cual aumenta con la temperatura.

Por ejemplo, una termocupla "tipo J" está hecha con un alambre de hierro y otro de constantán (aleación de cobre y nickel) Al colocar la unión de estos metales a 750 °C, debe aparecer en los extremos 42.2 mili volts. Ver figura 4.8.

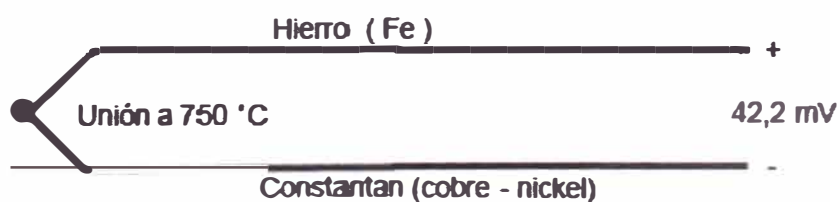


Figura 4.8 termocupla tipo J

Normalmente las termocuplas industriales se consiguen encapsuladas dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina), en un extremo está la unión y en el otro el terminal eléctrico de los cables, protegido adentro de una caja redonda de aluminio (cabezal). Existen una infinidad de tipos de termocuplas, en la tabla 4.1 aparecen algunas de las más comunes, pero casi el 90% de las termocuplas utilizadas son del tipo J ó del tipo K.

Tabla 4.1

Tc	Cable + Aleación	Cable - Aleación	°C	Rango (Min, Max) mV	Volts Max
J	Hierro	cobre/nickel	(-180, 750)	42.2	
K	Nickel/cromo	Nickel/aluminio	(-180, 1372)	54.8	
T	Cobre	cobre/nickel	(-250, 400)	20.8	
R	87% Platino 13% Rhodio	100% Platino	(0, 1767)	21.09	
S	90% Platino 10% Rhodio	100% Platino	(0, 1767)	18.68	
B	70% Platino 30% Rhodio	94% Platino 6% Rhodio	(0, 1820)	13.814	

La dependencia entre el voltaje entregado por la termocupla y la temperatura no es lineal (no es una recta), es deber del instrumento electrónico destinado a mostrar la lectura, efectuar la linealización, ver figura 4.9. Es decir tomar el voltaje y conociendo el tipo de termocupla, ver en tablas internas a que temperatura corresponde este voltaje.



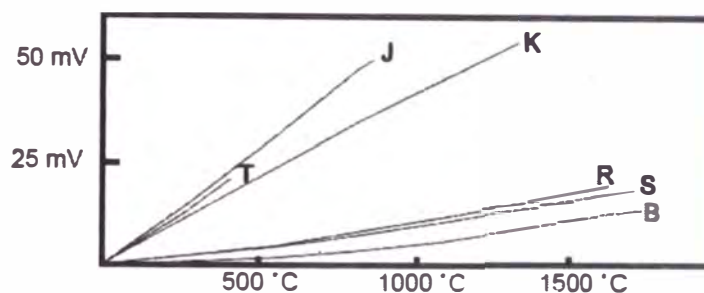


Figura 4.9 linealización de curvas de termocuplas

Para nuestro caso utilizaremos el tipo J

#### 4.4 MOTOR ELÉCTRICO DE VIBRACIÓN

El motor AC018003 es un motor vibrador desarrollado por Vernis Motors para su utilización en sistemas de vibración.

Su innovador diseño, compacto y robusto, permite su montaje en el mínimo espacio y con las máximas garantías.

El motor eléctrico que utiliza es del tipo jaula de ardilla, es muy conveniente para ser utilizado con un variador de velocidad. Tiene un motor de 1HP, 1720 RPM, 60 HZ, 460 V, IN 1.8, ciclos (depende de la regulación con el variador), grado de protección IP 66.

Este motor vibración es conocido por su alta efectividad, además es muy resistente y tiene una alta duración de vida. Están producidos por modernas técnicas de fabricación y alcanzan los deseos exigentes en respecto a la economía.

El nivel de vibración es fácilmente regulable (ver figura 4.10), mediante la recolocación en sentido opuesto de los contrapesos excéntricos, desmontando las cazoletas de protección. Mas datos ver anexo.

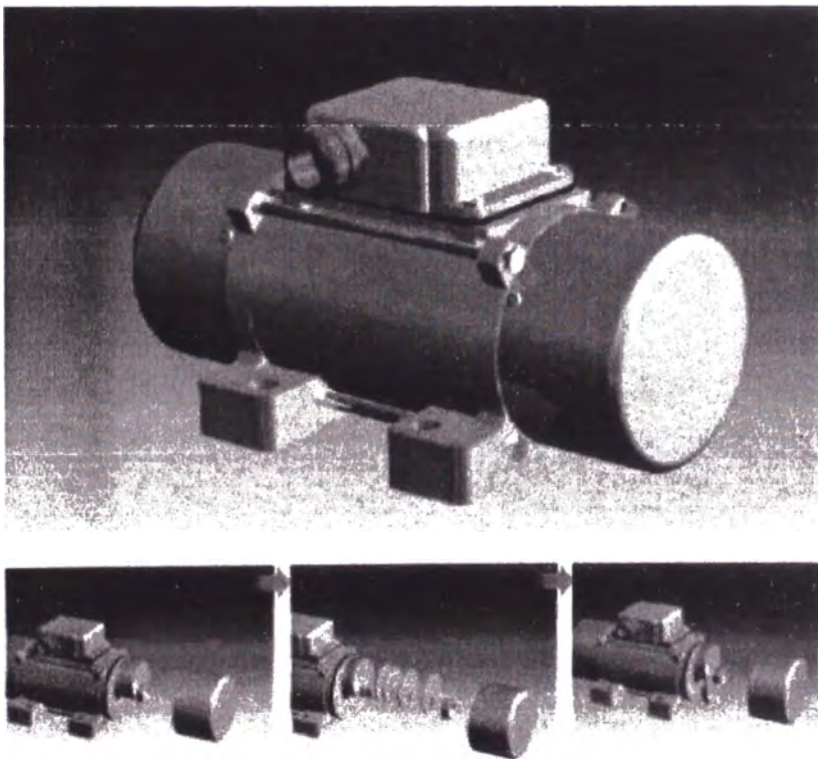


Figura 4.10 motor de vibración

### 4.3.- SENSOR DE NIVEL

El sensor de nivel sólidos Soliphant T FTM260 de Endress Hauser; es del tipo horquilla vibrante, la vibración cambia cuando se sumerge a un material sólido de hasta 10mm (menor al carbón activado), el cual se registra por un sistema electrónico que acciona un sistema eléctrico tipo interruptor, relé. Ver figura 4.11. La aplicación en este proyecto se detalla más adelante.

Sus beneficios son: auto calibración, bajo costo de puesta en marcha, poco mantenimiento, no tiene partes mecánicas móviles, fácil adaptación a procesos, larga vida útil, grado de protección IP 66. Mas datos ver anexo.

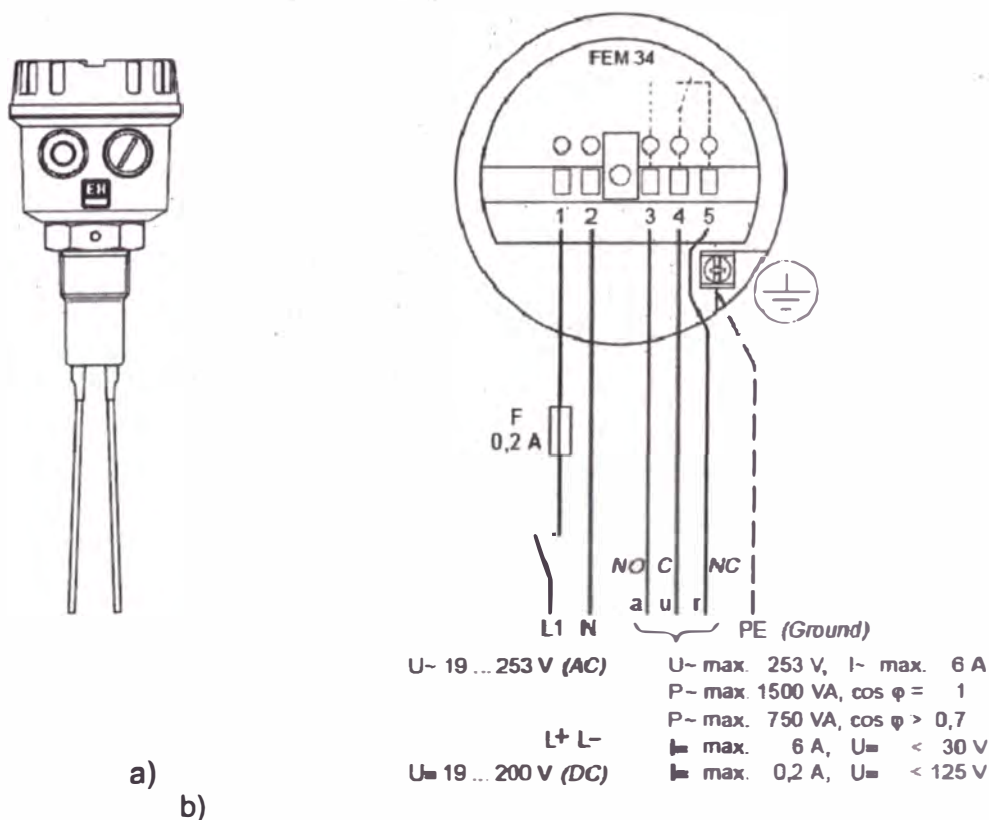


Figura 4.11 a) Sensor de nivel de sólidos, b) conexión del sensor

## **CAPITULO V**

### **SUSTENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

#### **5.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y DESCARGA PROPUESTO.**

##### **5.1.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.**

De acuerdo a los problemas encontrados en la alimentación de carbón al horno.

Una de las soluciones propuestas es:

Colocar un variador de velocidad o de frecuencia, que regule las vibraciones (controlando la velocidad rotacional de su motor AC de vibración); que hace que al carbón fluya hacia la tolva del horno.

Este variador dependerá de los 3 sensores de nivel existentes como se muestra en la figura 5.1 y 5.2.

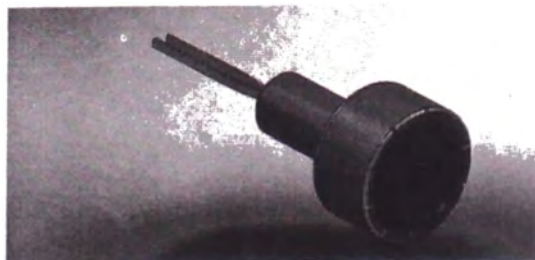


Figura 5.1 Sensor de nivel existente Soliphant T FTM260

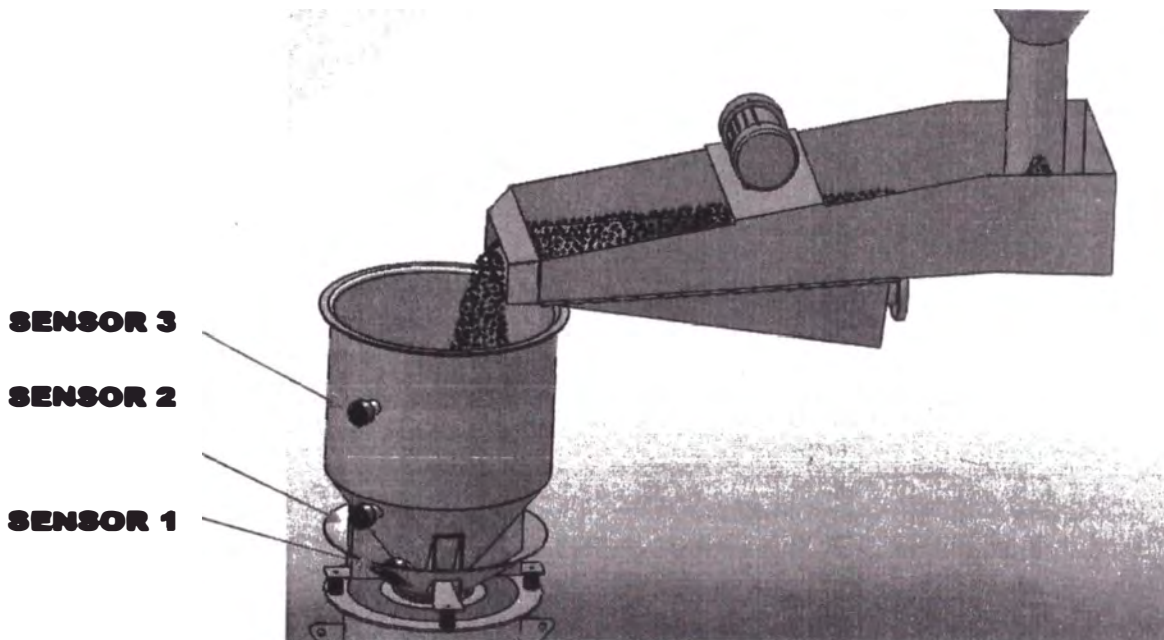


Figura 5.2 Sensores de control de nivel

El variador elegido es el de la marca ABB modelo: ACS800-01-0002-2

Se hace un control de lazo abierto que va interactuar como se ve en la figura 5.3. El sensor se comunica con el variador de velocidad, mediante el relé del sensor de nivel salida on-off. Que a su vez ingresa a la entrada EO1 (entrada digital al variador), de la misma manera para el sensor 2 – EO2, sensor 3 – EO3.

Cuando el sensor 1 detecta carbón el variador comienza a acelerar hasta que detecte el sensor 2, de aquí desacelera hasta encontrar el sensor 3, luego se apaga el variador con una aceleración programada Ver figura 5.4.

La lógica de funcionamiento de la comunicación de detalla en la sección 5.1.1.1

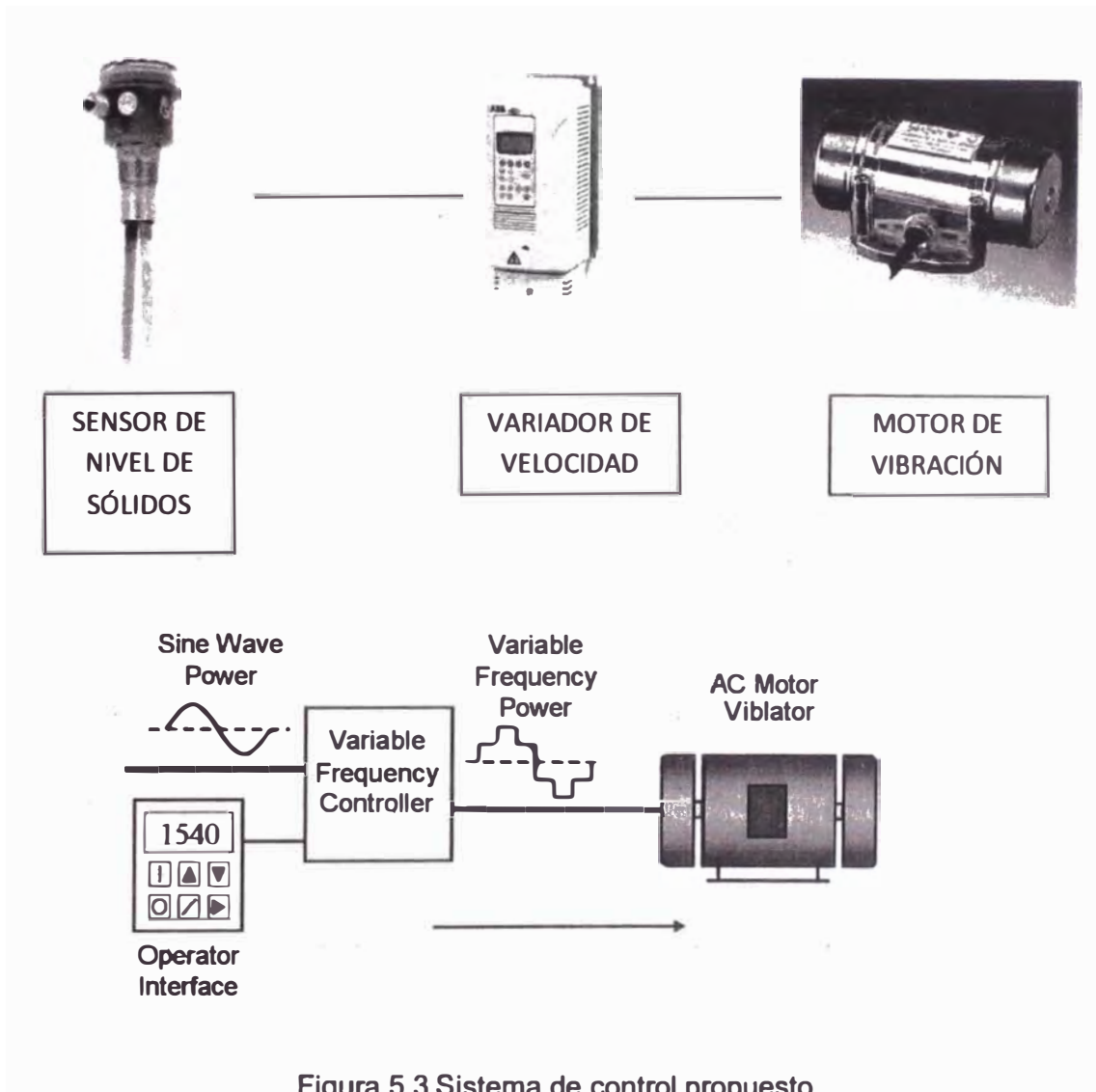


Figura 5.3 Sistema de control propuesto

El plano de detalle de las conexiones, tipo de cable, etc. se detallara en la sección de planos.

#### 5.1.1.1 ANÁLISIS DE SENSORES DE NIVEL

*Analizando los casos posibles de los niveles de la tolva ver tabla 5.1*

Tabla 5.1

SENSORES			
S1	S2	S3	
0	0	0	comienza el proceso de llenado si solo si, las condiciones previas lo permiten
0	0	1	falla
0	1	0	falla
0	1	1	falla
1	0	0	inicia proceso rampa 2
1	0	1	falla
1	1	0	continua proceso de rampa 3
1	1	1	Comienza la rampa 4 hasta que la velocidad sea "0"

Con la información anterior se propone que el variador se le programe las rampas como se ve en la figura 5.4.

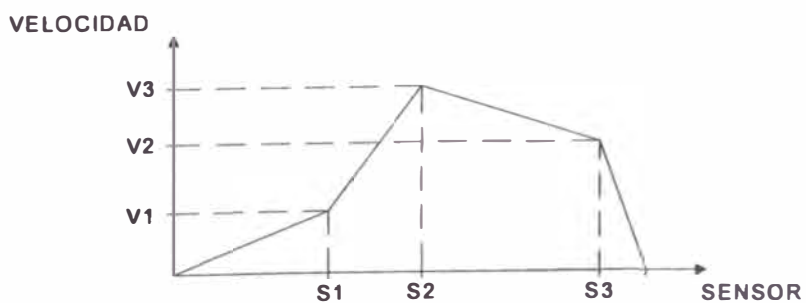


Figura 5.4 Grafico velocidad vs sensor

### 5.1.1.2 PROGRAMACIÓN DE VARIADOR

Diagrama de flujo respectivo ver figura 5.4.1

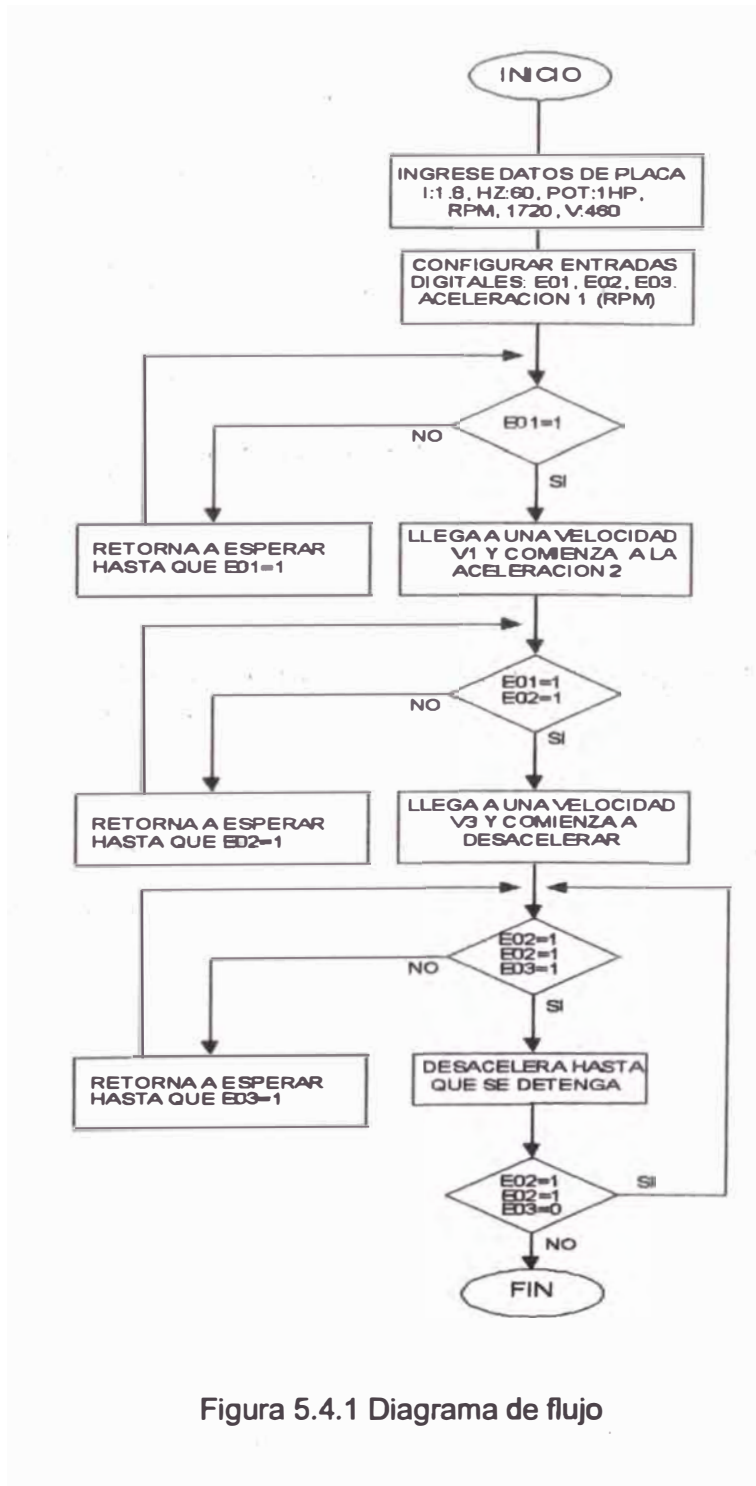


Figura 5.4.1 Diagrama de flujo



Datos de placa de motor eléctrico de vibración. Ver figura 5.5.

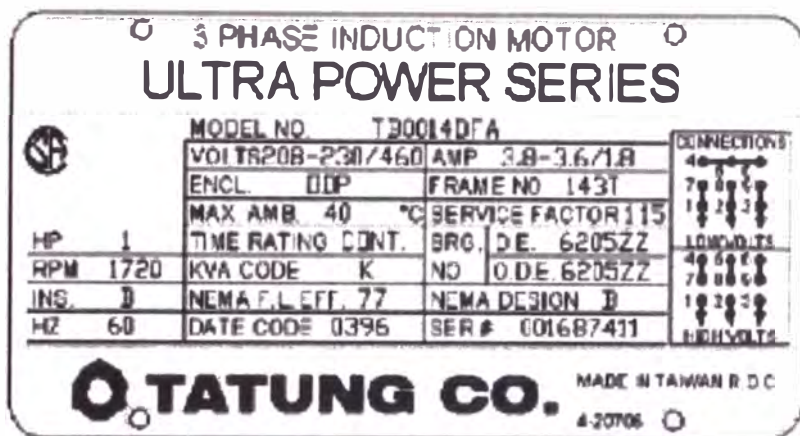


Figura 5.5 Placa de motor eléctrico de vibración para la alimentación

LISTA DE PARÁMETROS DE PROGRAMACIÓN ACS800. Ver tabla 5.2

Tabla 5.2

APLICACIÓN HRT  
 MODELO ACS800

99: DATOS DE PARTIDA			
99.01	IDIOMA		ESPAÑOL
99.02	MACRO DE APLICACIÓN		FABRICA
99.03	RESTAURAR APLIC.		NO
99.04	MODO CTRL MOTOR		—
99.05	TENSION NOM. MOTOR		460
99.06	INTENS NOM. MOTOR		1.8
99.07	FREC. NON MOTOR.		60
99.08	VELOC. NOMINAL		1785

MOTOR		
99.09	POTENCIA NOM.	
MOTOR(hp)		1
99.10	MARCHA IDENT MOTOR	ID MAGN

10: ENTRADA		
10.01	E01	SI
10.02	E02	SI
10.03	E03	SI

11: SELEC REFERENCIA		
11.01	SELEC REF PANEL	REF 1
11.02	SELEC EXT1/EXT2	EXT1
11.03	SELEC REF EXT1	PANEL1
11.04	REF EXT1 MINIMO	0
11.05	REF EXT1 MAXIMO	60

12: VELOC CONTANTES		
12.01	SELEC VELOC CONST	SIN SEL

14: SALIDAS DE RELE		
14.01	SALIDA RELE SR1	REF 1
14.02	SALIDA RELE SR2	EXT1
14.03	SALIDA RELE SR3	PANEL1

<b>16: ENTR CONTR SIST</b>	
<b>16.01 PERMISO DE MARCHA</b>	<b>SI</b>

<b>20: LIMITES</b>	
<b>20.01 VELOCIDAD MINIMA (rpm)</b>	<b>0</b>
<b>20.02 VELOCIDAD MAXIMA (rpm)</b>	<b>V3</b>
<b>20.03 INTENSIDAD MAXIMA (A)</b>	<b>V4</b>
<b>20.05 CTROL SOBRETENSION</b>	<b>NO</b>
<b>20.06 CTROL SUBTENSION</b>	<b>NO</b>

<b>21: MARCHA PARO</b>	
<b>21.01 FUNCION MARCHA PARO</b>	<b>AUTO</b>
<b>21.03 FUNCION PARO</b>	<b>RAMPA</b>
<b>21.07 PERMISO MARCHA</b>	<b>PARO RAMPA</b>

<b>22: ACEL/DECEL</b>	
<b>22.01 ACEL 1</b>	<b>A1</b>
<b>22.02 ACEL 2</b>	<b>A2</b>

22.03 DESCEL 1	A3
22.04 DESCEL 2	A4
23: VELOC	
23.01 VELOC 1	V1
23.02 VELOC 2	V2
23.03 VELOC 3	V3

30: FUNCIONES FALLOS	
30.01	NO
30.02 FALLO PANEL	FALLO
30.03 FALLO EXTERNO	SIN SELECCIONAR
30.10 FUNCION DE BLOQUEO	FALLO
30.11 FREC ALTA BLOQ	50
30.12 TIEMPO DE BLOQUEO	40 SEG.
30.13 FUNCION BAJA CARGA	NO
30.14 TIEMPO BAJA	40 SEG.

CARGA (S)	
30.15 CURVA BAJA CARGA	1
30.16 FALLO FASE MOTOR	FALLO
30.17 FALLO A TIERRA	FALLO

### 5.1.2 SISTEMA DE DESCARGA.

De acuerdo a los problemas encontrados en la descarga de carbón, una de las soluciones propuestas es:

Es conveniente que este directamente relacionado con la temperatura de salida. Por lo tanto colocar un sensor de temperatura (termocupla tipo J) a la salida del enfriador, tomar los datos censados e introducir a un plc (relé programable) para que le de las ordenes al variador de velocidad, que regule las vibraciones (controlando la velocidad rotacional de su motor AC del vibrador); que hace que al carbón fluya hacia la tanque de descarga. Ver figura 5.6.

Introducir a un plc (relé programable) para que le de las ordenes al variador de velocidad, que regule las vibraciones (controlando la velocidad rotacional de su motor AC del vibrador); que hace que al carbón fluya hacia la tanque de descarga.

Aplicaremos el siguiente esquema para lograr nuestro objetivo planteado ver figura 5.6.

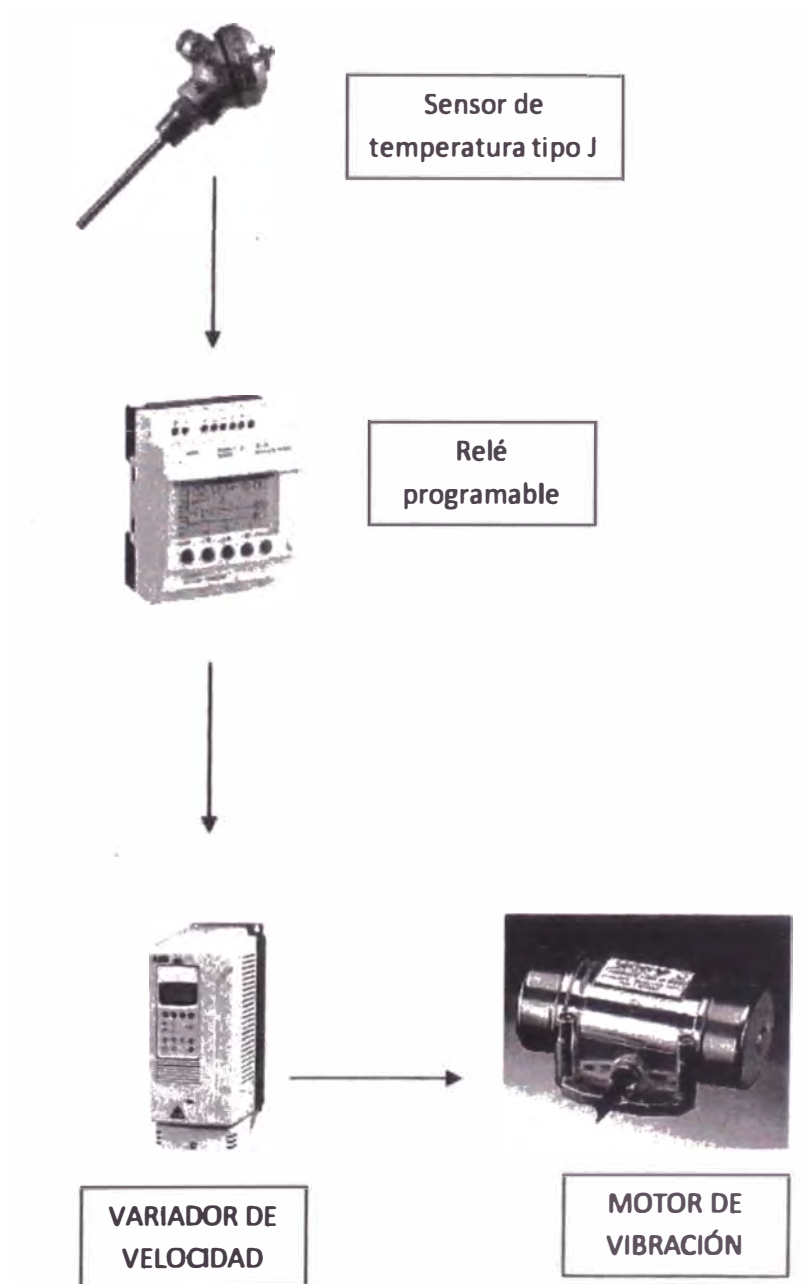


Figura 5.6 Esquema de regulación de descarga

### 5.1.2.1 ANÁLISIS DE SENSOR DE TEMPERATURA

Instalación de sensor de temperatura. Ver figura 5.7

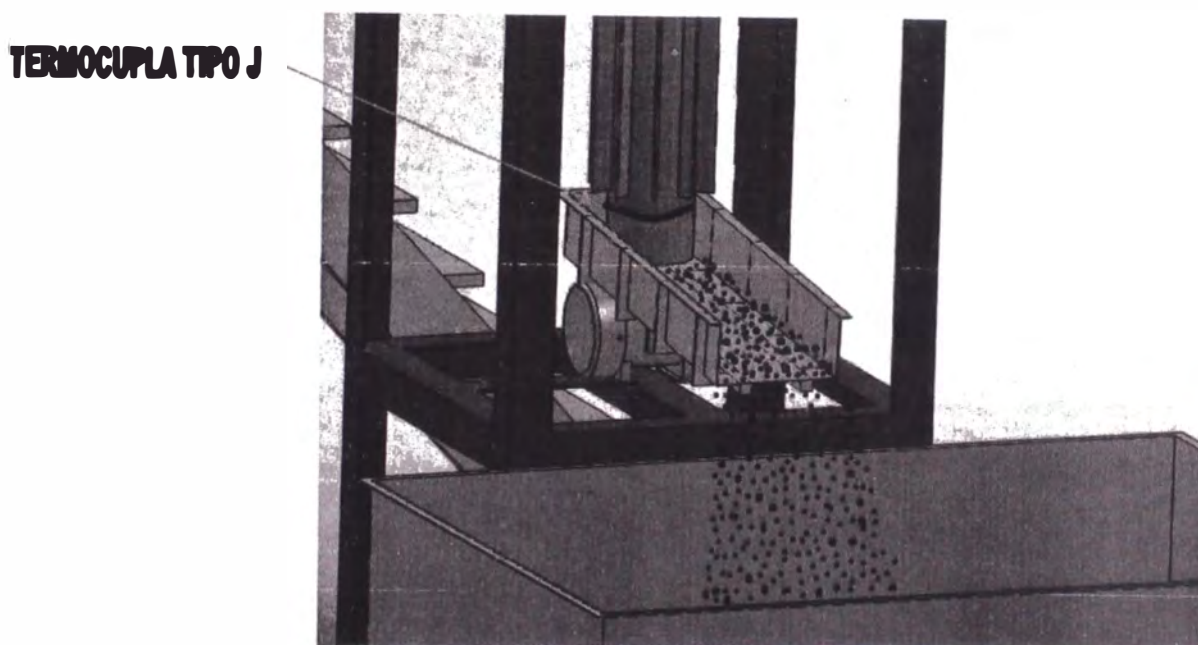


Figura 5.7 Ubicación de sensor de temperatura

Calibrando y regulando la termocupla

TERMOCUPLA J milivolts

Tabla 5.3

T °C	mV									
600	33.096	33.155	33.213	33.272	33.330	33.389	33.448	33.506	33.565	33.624
610	33.683	33.742	33.800	33.859	33.918	33.977	34.036	34.095	34.155	34.214
620	34.273	34.332	34.391	34.451	34.510	34.569	34.629	34.688	34.748	34.807
630	34.867	34.926	34.986	35.046	35.105	35.165	35.225	35.285	35.344	35.404
640	35.464	35.524	35.584	35.644	35.704	35.764	35.825	35.885	35.945	36.005
650	36.066	36.126	36.186	36.247	36.307	36.368	36.428	36.489	36.549	36.610
660	36.671	36.732	36.792	36.853	36.914	36.975	37.036	37.097	37.158	37.219
670	37.280	37.341	37.402	37.463	37.525	37.586	37.647	37.709	37.770	37.831
680	37.893	37.954	38.016	38.078	38.139	38.201	38.262	38.324	38.386	38.448
690	38.510	38.572	38.633	38.695	38.757	38.819	38.882	38.944	39.006	39.068

Trataremos que la temperatura en un rango entre  $T_{min}$  y  $T_{max}$ .

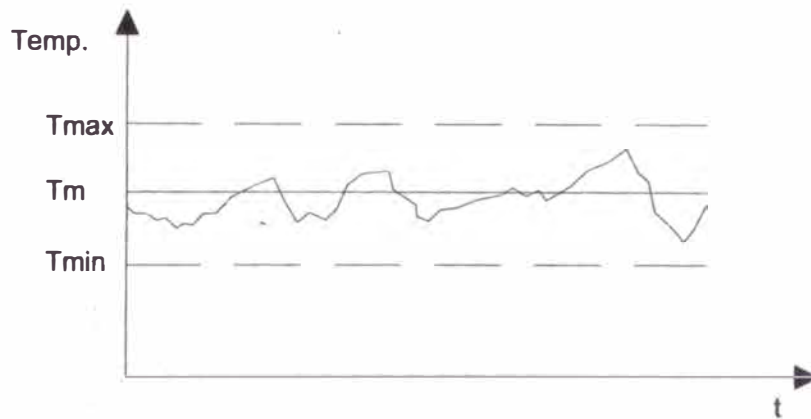


Figura 5.8 Gráfico de temperatura vs tiempo

Al variador de velocidad se le programara para que haga la rampa propuesta

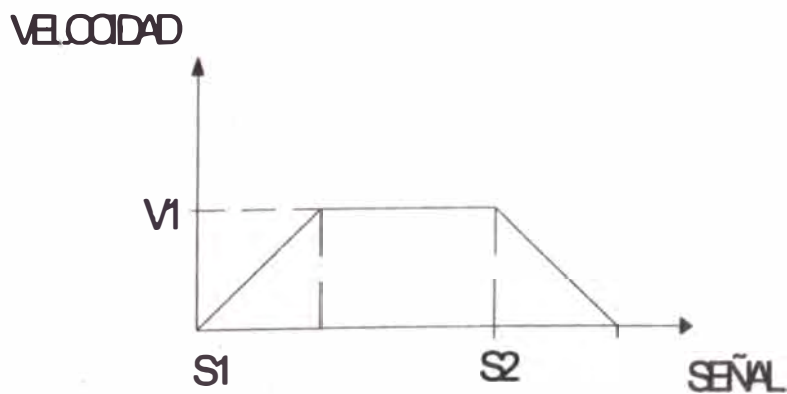


Figura 5.9 Gráfico de velocidad vs señal.



### 5.1.2.2 PROGRAMACIÓN DE VARIADOR

Diagrama de flujo:

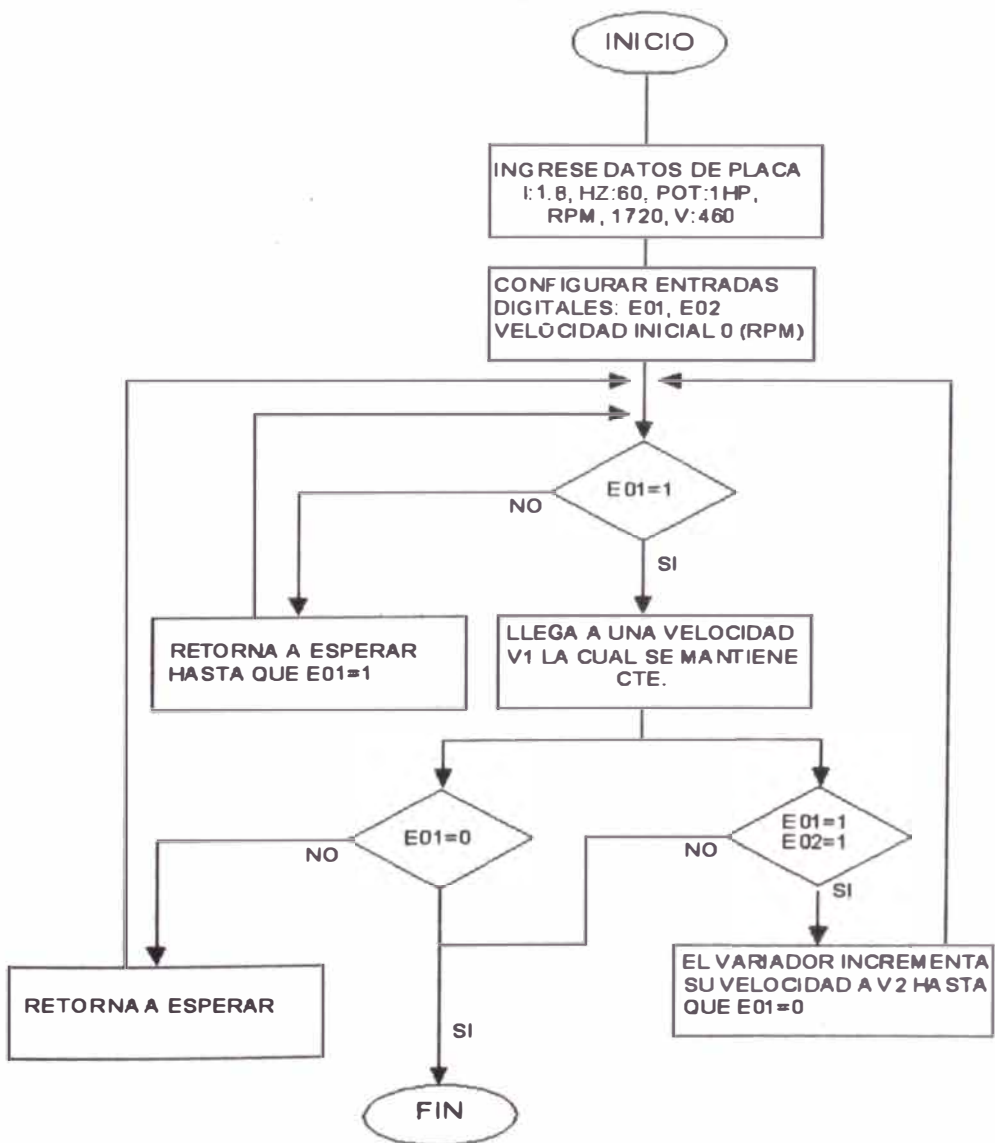


Figura 5.9.1 Diagrama de flujo

Datos de placa de motor eléctrico de vibración. Ver figura 5.10.

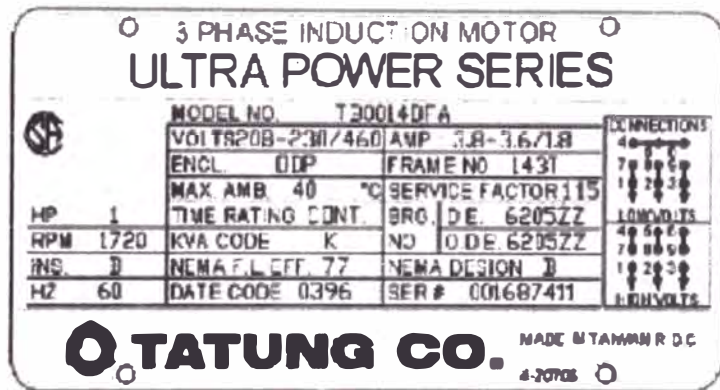


Figura 5.10 Placa de motor eléctrico de vibración en la descarga

LISTA DE PARÁMETROS DE PROGRAMACIÓN ACS800. Ver tabla 5.3

Tabla 5.3

APLICACIÓN HRT  
MODELO ACS800

99: DATOS DE PARTIDA	
99.01 IDIOMA	ESPAÑOL
99.02 MACRO DE APLICACIÓN	FABRICA
99.03 RESTAURAR APLIC.	NO
99.04 MODO CTRL MOTOR	--
99.05 TENSION NOM. MOTOR	460
99.06 INTENS NOM. MOTOR	1.8
99.07 FREC. NON MOTOR.	60

99.08	VELOC. NOMINAL	
MOTOR		1785
99.09	POTENCIA NOM.	
MOTOR(hp)		1
99.10	MARCHA IDENT MOTOR	ID MAGN

<b>10: MARCHA/PARO/DIR</b>		
10.01	EXT1 MAR/PARO/DIR	ED1,2
10.02	EXT2 MAR/PARO/DIR	SIN SEÑAL
10.03	DIRECCION	AVANCE

<b>11: SELEC REFERENCIA</b>		
11.01	SELEC REF PANEL	REF 1
11.02	SELEC EXT1/EXT2	EXT1
11.03	SELEC REF EXT1	PANEL1
11.04	REF EXT1 MINIMO	0
11.05	REF EXT1 MAXIMO	60

<b>12: VELOC CONTANTES</b>		
12.01	SELEC VELOC CONST	SIN SEL

<b>14: SALIDAS DE RELE</b>		
14.01	SALIDA RELE SR1	REF 1
14.02	SALIDA RELE SR2	EXT1
14.03	SALIDA RELE SR3	PANEL1

<b>16: ENTR CONTR SIST</b>	
<b>16.01 PERMISO DE MARCHA</b>	<b>SI</b>

<b>20: LIMITES</b>	
<b>20.01 VELOCIDAD MINIMA (rpm)</b>	<b>0</b>
<b>20.02 VELOCIDAD MAXIMA (rpm)</b>	
<b>20.03 INTENSIDAD MAXIMA (A)</b>	
<b>20.05 CTROL SOBRETENSION</b>	<b>NO</b>
<b>20.06 CTROL SUBTENSION</b>	<b>NO</b>

<b>21: MARCHA PARO</b>	
<b>21.01 FUNCION MARCHA PARO</b>	<b>AUTO</b>
<b>21.03 FUNCION PARO</b>	<b>RAMPA</b>
<b>21.07 PERMISO MARCHA</b>	<b>PARO RAMPA</b>

<b>22: ACEL/DECEL</b>
-----------------------

22.01 SEL ACEL/DECEL	ACEL/DECEL 1
22.02 TIEMPO ACELER 1(S)	
22.03 TIEMPO DECELER 1(S)	

<b>30: FUNCIONES FALLOS</b>	
30.01	NO
30.02 FALLO PANEL	FALLO
30.03 FALLO EXTERNO	SIN SELECCIONAR
30.10 FUNCION DE BLOQUEO	FALLO
30.11 FREC ALTA BLOQ	50
30.12 TIEMPO DE BLOQUEO	40 SEG.
30.13 FUNCION BAJA CARGA	NO
30.14 TIEMPO BAJA CARGA (S)	40 SEG.
30.15 CURVA BAJA CARGA	1
30.16 FALLO FASE MOTOR	FALLO
30.17 FALLO A TIERRA	FALLO

### 5.1.2.3 PROGRAMACIÓN DE MICRO PLC.

La entrada I1 Zelio Soft es para el arranque, siempre y cuando la corriente del control principal fluya a través del carbón para comenzar la descarga. La entrada I3 para la parada de emergencia, que tiene una salida Q1 para conectar una alarma.

Para mayor precisión del control de temperatura se puede utilizar un interface. Un modulo especial de control de temperaturas que se integra al Zelio. El convertidor y transmisor Zelio Analog se utiliza para convertir señales o mediciones eléctricas en señales eléctricas analógicas que sean compatibles con el equipo del sistema de control, ver figura 5.10.1.

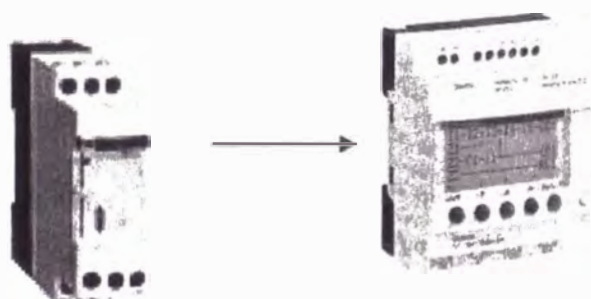


Figura 5.10.1 modulo de interface Zelio Analog.

Las entrada IB, IC, ID, IE admiten entradas analógicas de 0 a 10V que corresponde a un valor de 0 a 250; para nuestro caso elegiremos IC como entrada del sensor de temperatura. Para los valores de 645 y 655 °C que mide la termocupla los valores que utiliza el convertidor análogo digital interno del Zelio.

El rango de temperaturas de 645°C y 655°C activa el variador de velocidad para que este a su vez active el motor de vibración de descarga (salida Q2). El variador se

le configura previamente con una rampa de velocidad preestablecida como se observa en la figura 5.9.

Ahora si la temperatura pasa los 655°C el carbón va a empezar a quemarse, para evita esto el variador va a aumentar su velocidad de descarga (figura 5.9.1), por lo tanto el carbón comienza a descargar más rápido hasta que la temperatura baje menos que 645°C: luego se reinicia el proceso.

Para el control de este proceso utilizaremos el software Zelio Soft 2 lenguaje FBD ver figura 5.11.

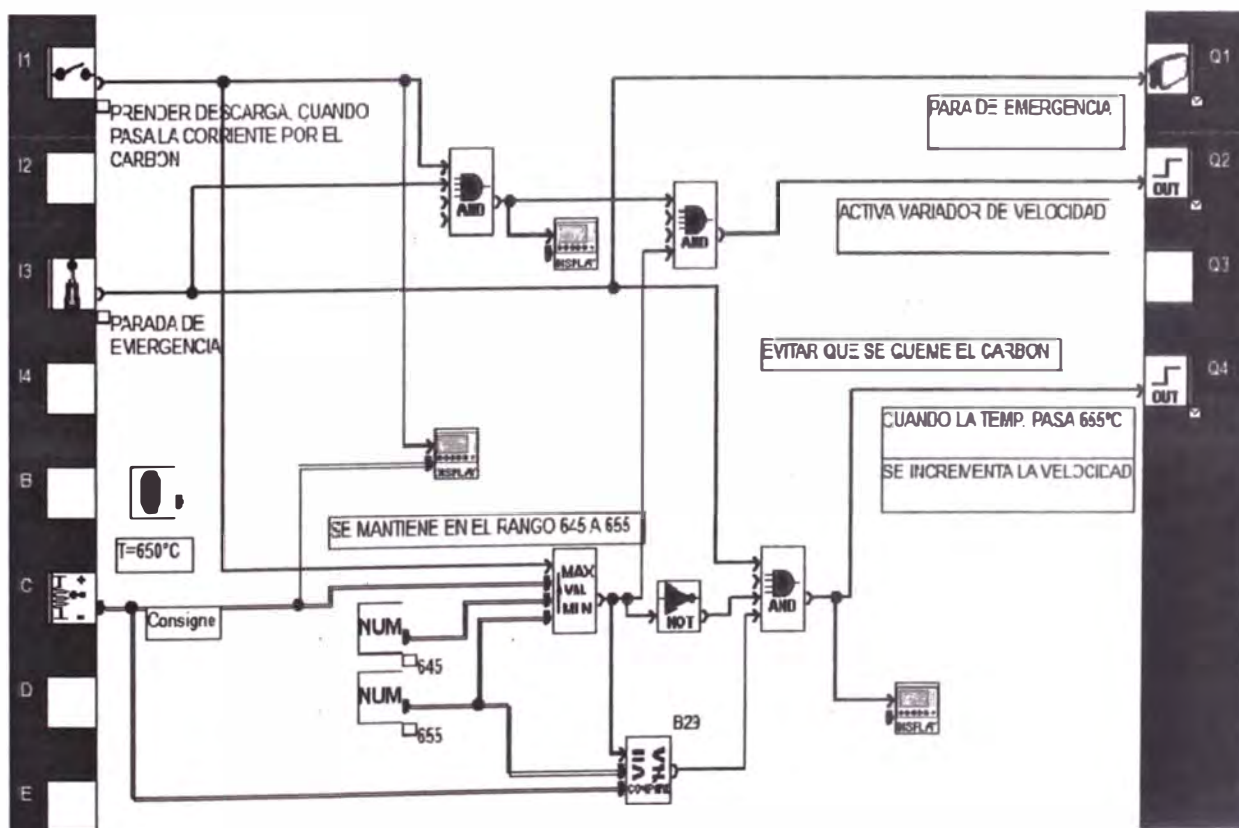


Figura 5.11 Programación Zelio Soft en el lenguaje FBD.

## 5.2 ANÁLISIS DE COSTOS.

### *Costo de Implementación*

Presentaremos la propuesta en forma desagregada (material, mano de obra, equipo y herramientas) considerando todas las partidas necesarias para ejecutar la Automatización del sistema de alimentación y descarga del HRT. Tabla 5.4

Consideraremos las siguientes columnas para la presentación del presupuesto:

- **Nº** : Indica el numero de partida del presupuesto.
- **MANO DE OBRA** : Indica el costo de los recursos humanos.
- **EQUIP. HERRA.** : Indica el costo por el uso o alquiler de los equipos.
- **MATER. Y CONSU** : Indica el costo por los materiales suministrados.
- **TOTAL COST. DIREC** : Es la suma total de los costos directos.
- **GASTOS GENE** : Son los gastos generales, o gastos fijos; normalmente se considera entre el 20% de los gastos directos.
- **INVERSIÓN TOTAL** : Se refiere a la inversión para la implementación



Tabla 5.4

1. Ingeniería Básica							
Nº	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	EQUIPOS HERRAMIENTAS	MATERIALES Y CONSUMIBLES	MANO DE OBRA	TOTAL COSTOS DIRECTOS	GASTO GENERAL (20%)	SUBTOTAL (S/.)
1.10	Estudio análisis y factibilidad del HRT	250	200	4000	4450	890	5340
1.20	Estudio de sistema de alimentación del HRT	300	200	2500	3000	600	3600
1.30	Estudio del sistema de descarga del HRT	250	200	2500	2950	590	3540
<b>Total:</b>							<b>12480</b>

2. Ingeniería de Detalles (planos)							
Nº	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	EQUIPOS HERRAMIENTAS	MATERIALES Y CONSUMIBLES	MANO DE OBRA	TOTAL COSTOS DIRECTOS	GASTO GENERAL (20%)	SUBTOTAL (S/.)
2.10	Planos mecánicos	300	100	1000	1400	280	1680
2.20	Planos eléctricos	200	100	300	600	120	720
2.30	Planos de instrumentación	200	50	300	550	110	660
<b>Total:</b>							<b>3060</b>

### 3. Adquisición de equipos

Nº	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	EQUIPOS HERRAMIENTAS	MATERIALES Y CONSUMIBLES	MANO DE OBRA	TOTAL COSTOS DIRECTOS	GASTO GENERAL (20%)	SUBTOT AL (S/.)
3.10	2 variador de velocidad ( 2 hp)	2600	150	100	2850	570	3420
3.20	mPLC zelio soft	900	160	100	1160	232	1392
3.30	Sensor de temperatura	400	170	50	620	124	744
3.40	2 Motor eléctrico (2 hp)	1600	160	80	1840	368	2208
3.50	Gabinete metálico	250	100	200	550	110	660
3.60	Cables eléctricos, tuberías, etc.	150	150	120	420	84	504
<b>Total:</b>							<b>3372</b>

#### 4. Montaje e instalaciones eléctricas, mecánicas, e instrumentación

Nº	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	EQUIPOS HERRAMIENTAS	MATERIALES Y CONSUMIBLES	MANO DE OBRA	TOTAL COSTOS DIRECTOS	GASTO GENERAL (20%)	SUBTOT AL (S/.)
4.10	Montaje eléctrico	200	300	300	800	160	960
4.20	Montaje mecánico	220	200	200	620	124	744
4.30	Instalación de instrumentación	200	100	250	550	110	660
<b>Total:</b>							<b>2364</b>

#### 5. Otros

Nº	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	EQUIPOS HERRAMIENTAS	MATERIALES Y CONSUMIBLES	MANO DE OBRA	TOTAL COSTOS DIRECTOS	GASTO GENERAL (20%)	SUBTOT AL (S/.)
5.10	Configuración de instrumentos	90	100	400	590	118	708
5.20	Integración de sistemas de control	50	50	450	650	130	780
5.30	arranque y puesta en marcha	80	200	300	580	116	696
<b>Total:</b>							<b>2184</b>

	S/.
Inversión total:	23460

### 5.3.- EFICIENCIA MEJORADA.

#### Horno de reactivación térmica (HRT)

Diseño:

Horas de trabajo: 24h

Real: 18h

En la práctica solo se obtiene (comportamiento lineal)

24 h ----- 3 TN

18 h ----- X

$$X = 2.25 \text{ TN}$$

Por lo tanto el uso normal 18 horas diarias en promedio de trabajo efectivo obtenemos 2.25 TN de carbón activado.

$$\text{Eficiencia: } \frac{2.25}{3} \times 100\% = 75\% \dots\dots\dots(1)$$

Ahora en una columna de absorción de mineral de 4TN

Ley promedio en solución Pregnant: 0.35ppm (0.35 mili gramos por litro de solución)

Datos de Planta (Laboratorio). Ver tabla 5.5

Tabla 5.5

Circuitos	Bomba	Ubicación	HP	TMC/Coi	TMC/Circ	m3/Día	Ley Pregnant	Ley Barren	Gramos Au Adsorbido/día
C-1	Hidrostat Horizontal	Santa Rosa	50	1	4	2,050	0.35	0.03	656
C-4	Goulds	Santa Rosa	50	2	10	3,300	0.35	0.03	1,056
C-5	Hidrostat Horizontal	Santa Rosa	50	2	10	3,400	0.35	0.03	1,088
C-8	Goulds	Santa Rosa	100	2	10	3,800	0.35	0.03	1,216
C-9	Flygt	Santa Rosa	140	4	24	9,500	0.35	0.03	3,040
C-10	Flygt	Santa Rosa	140	4	24	10,000	0.35	0.03	3,200

Precio promedio del oro en el mes de mayo: \$ 1503.80 la onza

1g=0.035274 onzas

Por lo tanto el precio del gramo de oro: \$ 53.045. Ver figura 5.12

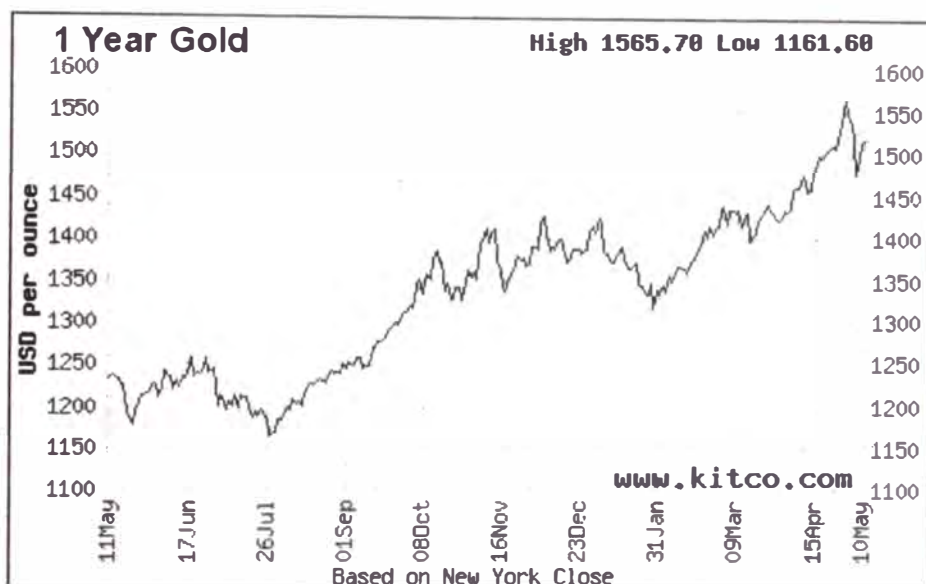


Figura 5.12 Tendencia del precio del oro

De la tabla 5.5 cuadro siguiente Si por 4 TN de procesamiento por día, obtenemos 3.040 gramos de Au

Por lo tanto esto representa  $3040 \times 150 = S/ 456,000.00$

$$456,000 \text{ --- } 4 \text{ TN}$$

$$X \text{ --- } 2.25 \text{ TN}$$

$$X = S/. 256,500.00 \dots \dots \dots (2)$$

Con este proyecto reduciremos el tiempo que el HRT está parado, 6 horas promedio diarias los cuales se divide en:

$t_a =$  Tiempo promedio diario perdido por parada a espera de carbón proveniente de lavado ácido.

$t_b =$  Tiempo promedio diario perdido por calibración de carga y descarga.  
atascamiento.

$t_c =$  Tiempo promedio diario de paradas por mantenimiento preventivo, correctivo.

$$t_a = 1h$$

$$t_b = 3h$$

$$t_c = 2h$$

Ahora con la automatización del sistema de carga y descarga logramos reducir

$t_b$  un 50% y  $t_c$  un 70% aproximadamente.

Ahora

$$t_b = 1.5 h$$

$$t_c = 0.6h$$

La eficiencia mejorada  $18 + 1.5 + 0.6 = 20.1 \text{ horas}$

$24 h$  -----  $3 TN$

$20.1 h$  -----  $t_n$

$$t_n = 2.5125$$

$$\text{Eficiencia: } \frac{2.5125}{3} \times 100\% = 83.75\% \dots\dots\dots(3)$$

$$456,000 \text{ -----} -4 \text{ TN}$$

$$x \text{ -----} -2.5125 \text{ TN}$$

$$X = S/.286,425.00 \dots\dots\dots(4)$$

De (2) y (4)

$$\text{Ahorro bruto} = 286,425.00 - 256,500.00$$

$$\text{Ahorro bruto: } S/.29925.00 \text{ día}$$

Multiplicando por un factor de producción:  $Fp = 0.3$

$$\text{Ahorro diario: } S/.8977.50$$

#### 5.4.- INDICADORES DE RENDIMIENTO.

Calculo del ROI

El ROI es un valor que mide el rendimiento de una inversión, para evaluar qué tan eficiente es el gasto que estamos haciendo o que planeamos realizar. Existe una fórmula que nos da este valor calculado en función de la inversión realizada y el beneficio obtenido, o que pensamos obtener.

$$\text{ROI} = (\text{beneficio obtenido mensual} - \text{inversión}) / \text{inversión}$$



Es decir, al beneficio que hemos obtenido de una inversión (o que planeamos obtener) le restamos el costo de inversión realizada. Luego eso lo dividimos entre el costo de la inversión y el resultado es el ROI.

Los valores de ROI cuanto más altos mejor. Si tenemos un ROI negativo es que estamos perdiendo dinero y si tenemos un ROI muy cercano a cero, también podemos pensar que la inversión no es muy atractiva. A la hora de evaluar una inversión nos viene muy bien calcular el ROI, sobre todo para comparar dos posibles inversiones, pues si con una inversión conseguimos un ROI mejor que con otra, pues debemos pensar en invertir nuestro dinero únicamente en la fórmula que nos reporte mejores ratios.

$$ROI = \frac{8977.50 \times 30 - 23460}{23460} = 10.48$$

## CONCLUSIÓN.

- Mejora de la eficiencia, aumenta de un 75% a un 83.75% la cual en dinero representa un ahorro de S/. 8977.50 diarios.
- Se disminuye las horas hombre del personal que opera y controla el proceso de reactivación de carbón; a si también se disminuye el tiempo de intervenciones técnica por parte del personal de mantenimiento.
- Mejora el consumo de energía, que disminuye al utilizar variadores de velocidad. Porque el motor ya no trabaja a plena carga, solamente cuando es necesario.
- Los componentes mecánicos, eléctricos en la alimentación y descarga aumentan su vida útil (motores, bandejas, soportes, etc.) ya que las vibraciones son mejor controladas.
- El rendimiento de la inversión es favorable, ya que el ROI sale positivo (10.48) lo cual nos indica que es una buena inversión. Este valor obtenido es relativo ya que el oro obtenido sale mezclado con plata (mineral llamado Dore) el cual necesita otros procesos de separación.

## RECOMENDACIÓN

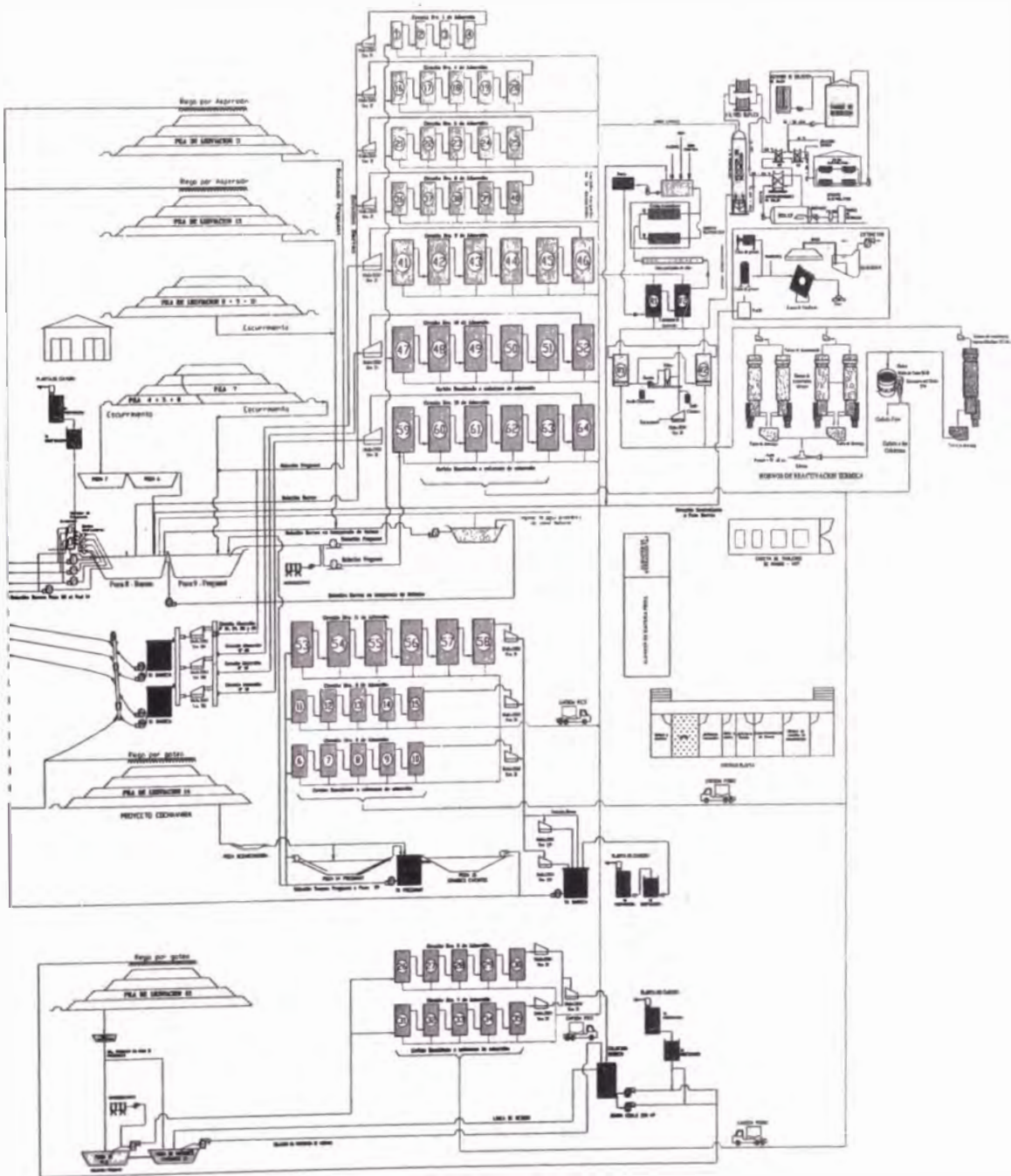
- Se recomienda la implementación de este proyecto a los demás hornos para hacer un control de mantenimiento adecuado.
  
- Si se implementa lograremos un ahorro significativo ya el precio del oro en los últimos años ha alcanzado valor altos (ver anexo).
  
- Mejorar en la etapa de lavado ácido para reducir  $t_a$  (Tiempo promedio diario perdido por parada a espera de carbón).
  
- Es recomendable tener un motor vectorial con una unidad de vibración independiente para mejor performance. (ver anexo).
  
- Adicionar un módulo de control de supervisión remoto, con lo cual no informaría en tiempo real las alarmas, paradas, etc.
  
- Hacer una integración total de lazo cerrado para tener una mejor eficiencia.

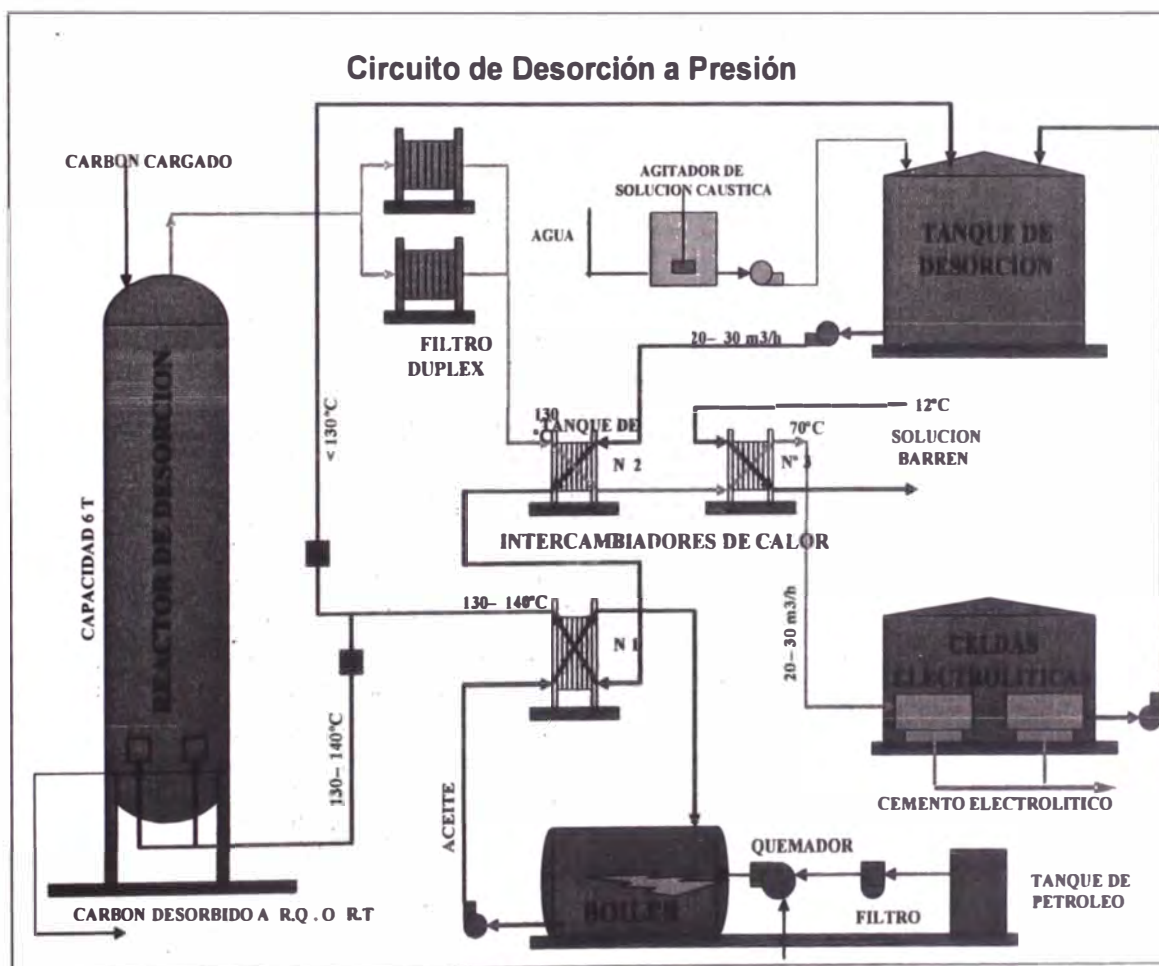
## BIBLIOGRAFÍA

- <http://www.abb.com.pe/search.aspx?q=ACS800-01%202HP>
- <http://www.abb.com.pe/>
- Manual de Firmware programación de control estándar 7.x del ACS800
- <http://www.kitco.com/>
- <http://www.preciooro.com/cotizacion-oro.html>
- <http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>
- <http://www.automatas.org/schneider/zelio.htm>
- <http://www.schneiderelectric.es/sites/spain/es/productos-servicios/automatizacion-control/>
- <http://www.mecmod.com/downloads/Publi/Motores-as%C3%ADncronos-vectoriales.pdf>
- [www.vernismotors.com](http://www.vernismotors.com)

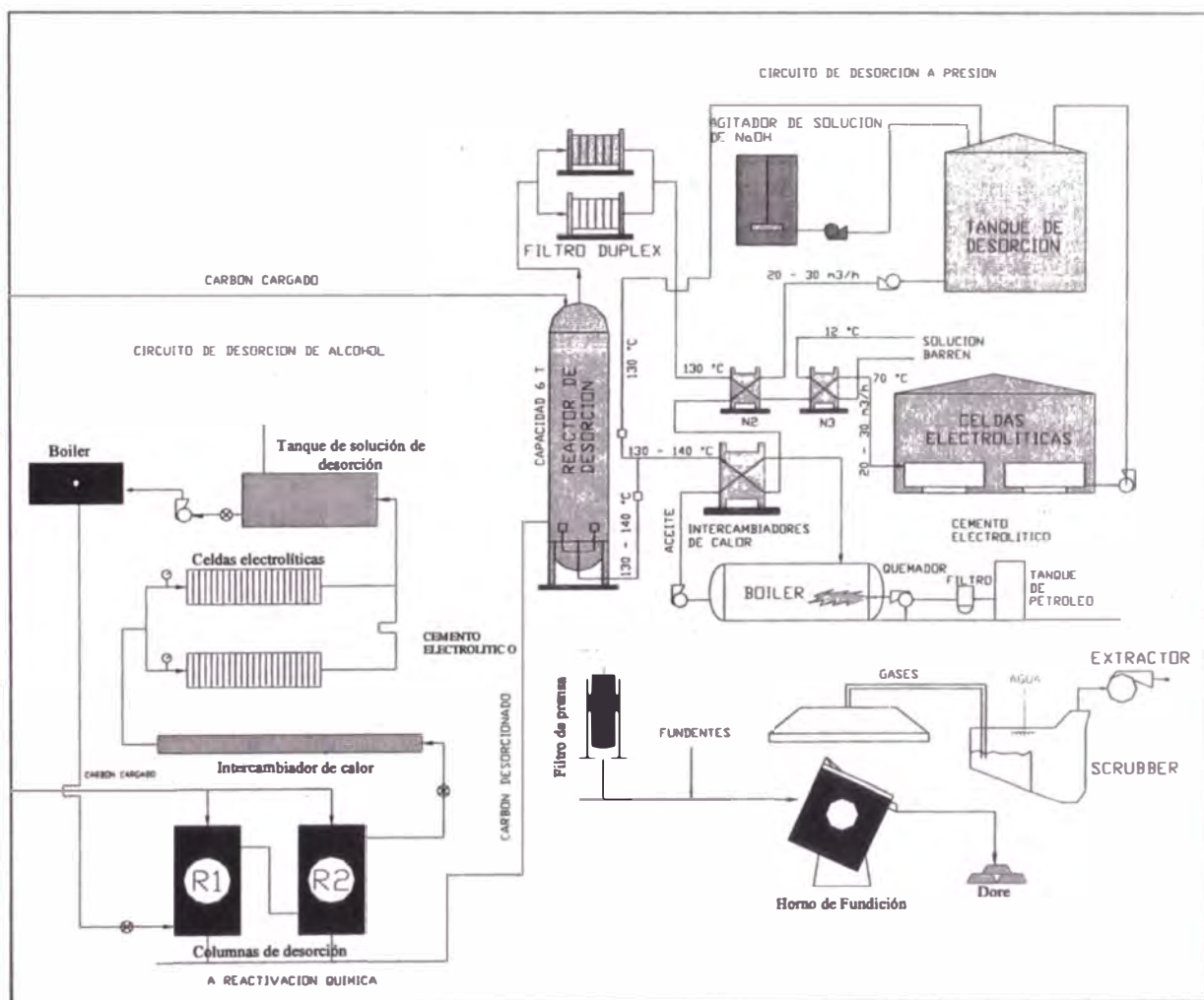
# PLANOS

## DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE OBTENCIÓN DE ORO

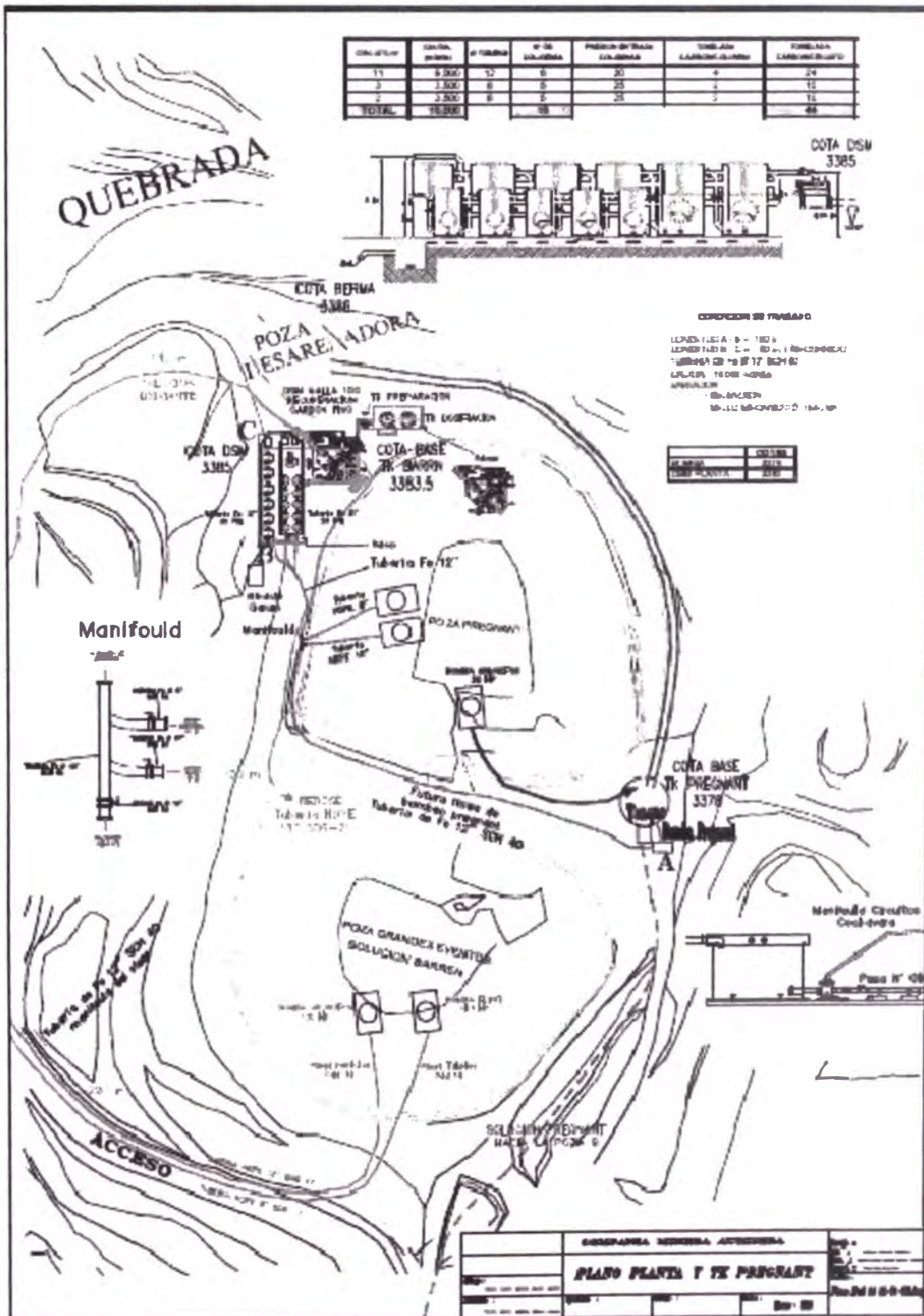




## CIRCUITO DE DESORCIÓN – ELECTRODEPOSICIÓN – FUNDICIÓN



PROCESO EN TAJO ABIERTO

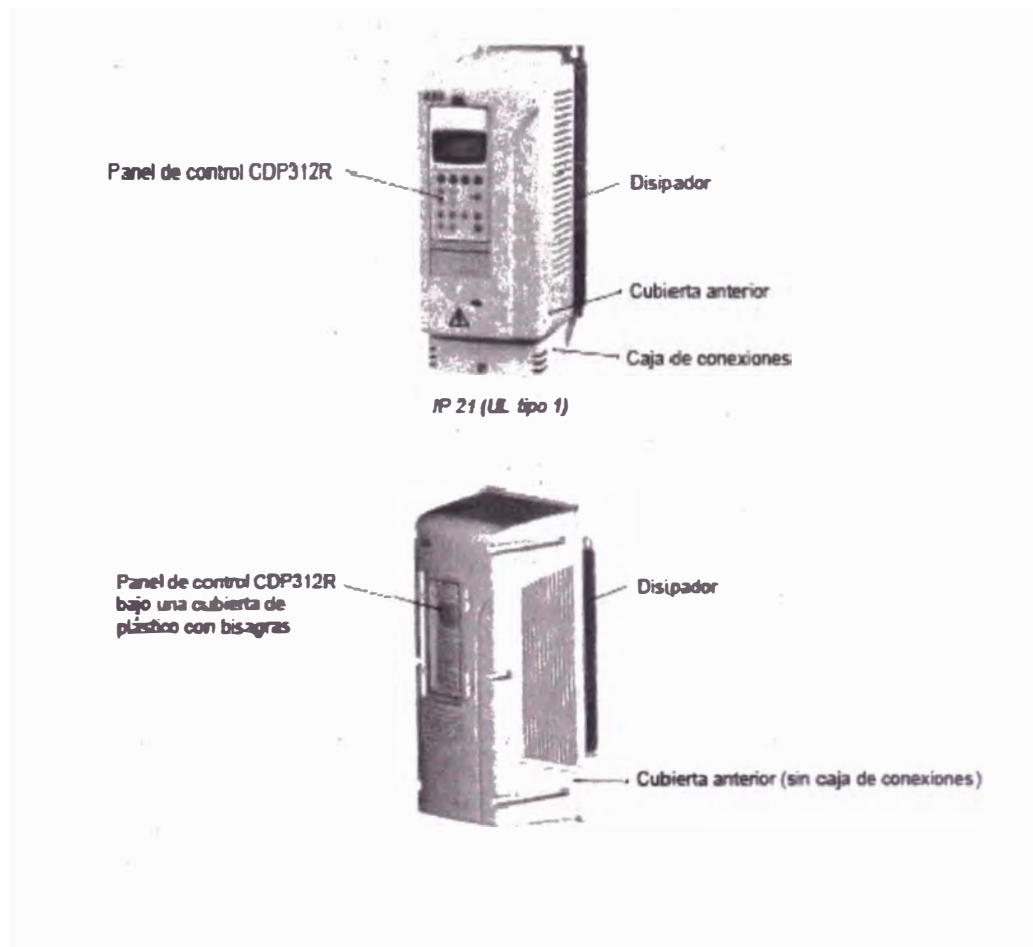




## APÉNDICE

### VARIADOR ACS800-01/U1

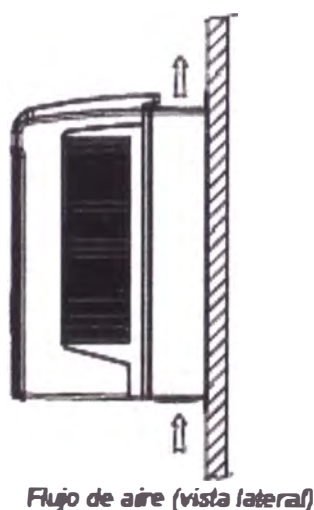
El ACS800-01/U1 es un convertidor que puede montarse en la pared para el control de motores de CA.



## ANTES DE LA INSTALACIÓN

El convertidor de frecuencia debe instalarse en posición vertical con la sección de refrigeración de cara a una pared. Compruebe el emplazamiento de instalación de conformidad con los requisitos siguientes. Véase *Dibujos de dimensiones* para obtener detalles del bastidor.

Requisitos del emplazamiento de instalación Véase *Datos técnicos* acerca de las condiciones de funcionamiento permitidas para el convertidor de frecuencia.



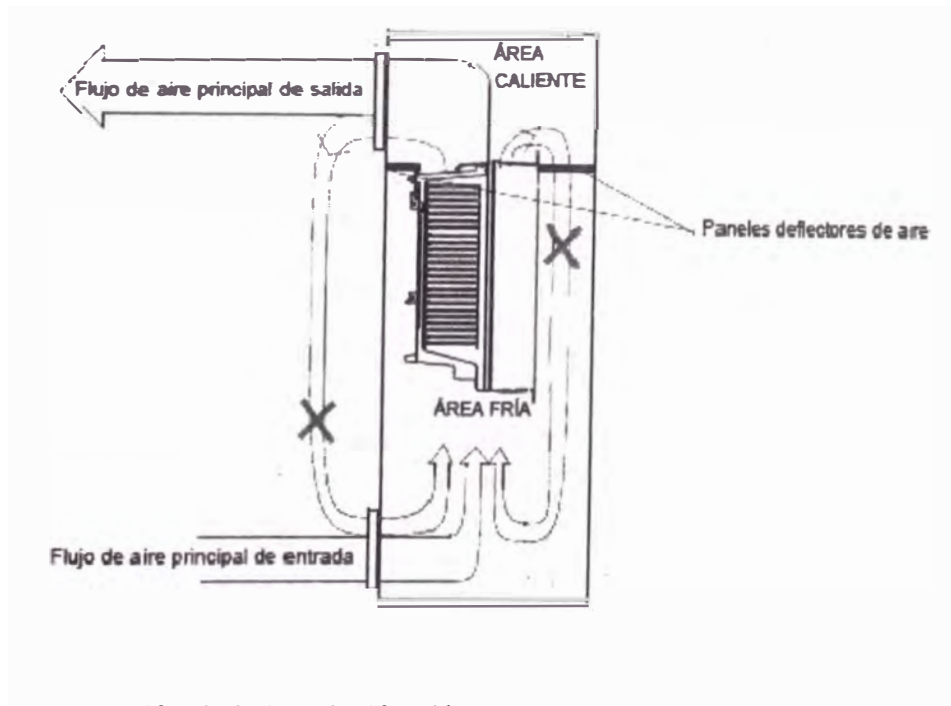
### Instalación en armario

La distancia requerida entre unidades paralelas es de cinco milímetros (0,2 pul.) en instalaciones sin la cubierta anterior. El aire de refrigeración que entra en la unidad no debe superar los +40 °C (+104 °F) de temperatura.

Disposición para evitar la recirculación del aire de refrigeración

Evite la recirculación de aire dentro y fuera del armario.

Ejemplo:



Planificación de la instalación eléctrica

## SELECCIÓN DEL MOTOR Y COMPATIBILIDAD

1. Compruebe que las especificaciones del motor se encuentren en los intervalos

Permitidos del programa de control del convertidor:

- La tensión nominal del motor es  $1/2 \dots 2 \cdot U_N$  de la del convertidor
- La intensidad nominal del motor es  $1/6 \dots 2 \cdot I_{2hd}$  de la del convertidor en control

DTC y  $0 \dots 2 \cdot I_{2hd}$  en control escalar. El modo de control se selecciona con un

parámetro del convertidor.

3. Compruebe que la especificación de la tensión del motor cumple los requisitos de aplicación:

Si el convertidor cuenta con ...	... y ...	... la especificación de la tensión del motor será ...
alimentación por diodos ACS800-01, -U1, -02, -U2, -04, -04M, -U4 -07, -U7	no se utiliza frenado por resistencia	$U_N$
	se utilizarán ciclos de frenado frecuentes o a largo plazo	$U_{CAeq1}$
Alimentación IGBT ACS800-11, -U11, -17	La tensión del bus de CC no aumentará por encima de la nominal (ajuste de parámetros)	$U_N$
	La tensión del bus de CC aumentará por encima de la nominal (ajuste de parámetros)	$U_{CAeq2}$

$U_N$  = Tensión nominal de entrada del convertidor

$$U_{CAeq1} = U_{CC}/1,35$$

$$U_{CAeq2} = U_{CC}/1,41$$

$U_{CAeq}$  equivale a la tensión de la fuente de alimentación de CA del convertidor en V

CA.

$U_{CC}$  es la tensión del bus de CC máxima del convertidor en V CC. Para frenado por resistencia:  $U_{CC} = 1,21 \times$  tensión nominal del bus de CC. Para unidades con alimentación IGBT: véase el valor de los parámetros.

(Nota: La tensión nominal del bus de CC es  $U_N \times 1,35$  o  $U_N \times 1,41$  en V CC.)

4. Consulte al fabricante del motor antes de utilizar un motor en un sistema de accionamiento en el que la tensión nominal del motor es diferente de la tensión de la fuente de alimentación de CA.

## **PROTECCIÓN DEL AISLAMIENTO Y LOS COJINETES DEL MOTOR**

La salida del convertidor de frecuencia comprende –con independencia de la frecuencia de salida– pulsos de aproximadamente 1,35 veces la tensión de red equivalente con un tiempo de incremento muy breve. Tal es el caso en todos los convertidores de frecuencia que emplean tecnología moderna de inversores IGBT.

La tensión de los pulsos puede ser casi el doble en los terminales del motor, en función de las propiedades de atenuación y reflexión del cable a motor y los terminales. Esto, a su vez, puede provocar una carga adicional en el aislamiento del motor y el cable a motor. Los convertidores de frecuencia de velocidad variable modernos presentan pulsos de tensión que aumentan con rapidez y con altas frecuencias de conmutación que fluyen a través de los cojinetes del motor, lo cual puede llegar a erosionar gradualmente los anillos-guía de los cojinetes y los elementos de rodamiento. La carga sobre el aislamiento del motor puede evitarse empleando filtros du/dt ABB opcionales. Los filtros du/dt también reducen las corrientes de los cojinetes. Para evitar daños en los cojinetes del motor, los cables deben seleccionarse e instalarse de conformidad con las instrucciones facilitadas en el manual de hardware. Además, los cojinetes del extremo LNA (extremo no accionado) aislados y los filtros de salida de ABB deben utilizarse según la tabla siguiente. Hay dos tipos de filtros que se usan de manera individual o en combinación:

- filtro du/dt opcional (protege el sistema de aislamiento del motor y reduce las corrientes de los cojinetes);
  - filtro de modo común (principalmente reduce las corrientes de los cojinetes).

#### *Conexión de la fuente de alimentación y dispositivo de desconexión (red)*

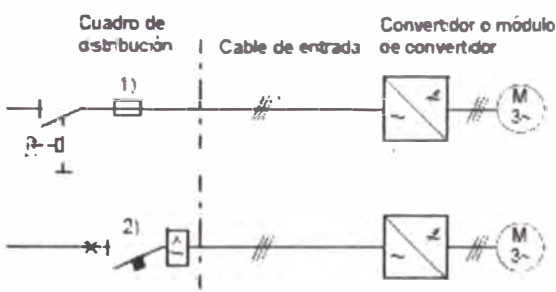
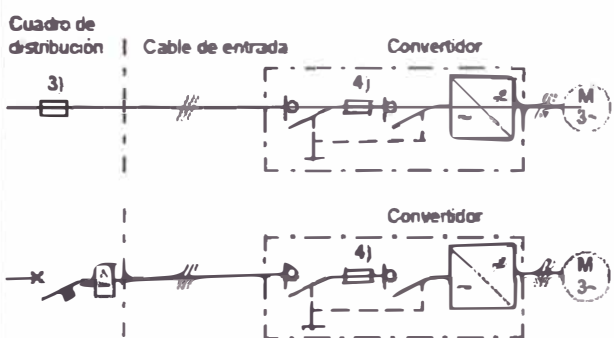
*ACS800-01, ACS800-U1, ACS800-11, ACS800-U11, ACS800-31, ACS800-U31, ACS800-02 y ACS800-U2 sin la ampliación del armario, ACS800-04, ACS800-U4*

Instale un dispositivo de desconexión de entrada accionado manualmente (red) entre la fuente de alimentación de CA y el convertidor de frecuencia. El dispositivo de desconexión debe ser de un tipo que pueda **Protección contra cortocircuitos y sobrecarga térmica** **Protección contra sobrecarga térmica.**

El convertidor se protege a sí mismo y los cables de entrada y motor contra sobrecargas térmicas cuando los cables se dimensionan de conformidad con la intensidad nominal del convertidor de frecuencia. No se requieren dispositivos de protección térmica adicionales.

#### **Protección contra cortocircuitos**

Proteja el cable de entrada y el convertidor frente a cortocircuitos de conformidad con las siguientes indicaciones.

Diagrama de circuitos	Tipo de convertidor	Protección contra cortocircuitos
<b>CONVERTIDOR NO EQUIPADO CON FUSIBLES DE ENTRADA</b>		
 <p>Diagrama de circuitos para un convertidor no equipado con fusibles de entrada. Se muestra un cuadro de distribución con un interruptor y un fusible (1) que protege el cable de entrada. El cable de entrada (2) va directamente al convertidor, que está conectado a un motor (M 3~).</p>	ACS800-01 ACS800-U1 ACS800-02 ACS800-U2+OC111 ACS800-11 ACS800-U11 ACS800-31 ACS800-U31 ACS800-04 ACS800-U4	Proteja el convertidor y el cable de entrada con fusibles o un interruptor automático. Véanse las notas 1) y 2).
<b>CONVERTIDOR EQUIPADO CON FUSIBLES DE ENTRADA</b>		
 <p>Diagrama de circuitos para un convertidor equipado con fusibles de entrada. Se muestra un cuadro de distribución con un interruptor y un fusible (3) que protege el cable de entrada. El cable de entrada (4) va al convertidor, que está conectado a un motor (M 3~).</p>	ACS800-02+C111 ACS800-U2 ACS800-07 ACS800-U7	Proteja el cable de entrada con fusibles o un interruptor automático de conformidad con las normativas locales. Véanse las notas 3) y 4).

## PROTECCIÓN CONTRA FALLOS A TIERRA

El convertidor de frecuencia cuenta con una función interna de protección contra fallos a tierra, con el fin de proteger la unidad frente a fallos a tierra en el motor y el cable a motor. No se trata de una función de seguridad personal ni de protección contra incendios. La función de protección contra fallos a tierra puede inhabilitarse con un parámetro; véase el *Manual de firmware del ACS800* apropiado. El filtro EMC del convertidor de frecuencia incluye condensadores conectados entre el circuito de potencia y el bastidor. Estos condensadores y los cables a motor de gran longitud

incrementan la corriente de fuga a tierra y pueden provocar el disparo de los interruptores diferenciales.

#### *Dispositivos de paro de emergencia*

Por motivos de seguridad, instale los dispositivos de paro de emergencia en cada estación de control del operador y en otras estaciones de control en las que pueda requerirse paro de emergencia.

**Nota:** Al pulsar la tecla de paro ( ) del panel de control, no se genera un paro de emergencia del motor ni se aísla al convertidor de frecuencia de potenciales peligrosos.

#### **ACS800-02/U2 con la ampliación del armario, ACS800-07/U7**

Existe una función de paro de emergencia opcional para detener y desconectar el convertidor de frecuencia en su totalidad. Están disponibles dos categorías de paro de conformidad con IEC/EN 60204-1 (1997): interrupción inmediata de la alimentación (Categoría 0 para el ACS800-02/U2 y el ACS800-07/U7) y paro de emergencia controlado (Categoría 1 para el ACS800-07/U7). *Re arranque tras un paro de emergencia* Tras un paro de emergencia, es necesario soltar el botón de paro de emergencia y arrancar el convertidor girando el interruptor de accionamiento del convertidor de la posición "ON" (conectado) a la "START" (marcha).



## SELECCIÓN DE LOS CABLES DE POTENCIA

### Reglas generales

Los cables de la red (alimentación de entrada) y a motor deben dimensionarse de conformidad con la normativa local:

- El cable ha de poder transportar la intensidad de carga del convertidor. Véase el capítulo *Datos técnicos* acerca de las intensidades nominales.
- El cable debe tener una temperatura permisible máxima del conductor en uso continuo como mínimo igual a 70 °C. Para USA, véase *Requisitos USA adicionales*.
- La inductancia y la impedancia del cable/conductor PE (hilo de conexión a tierra) deben establecerse conforme a la tensión de contacto admisible en caso de fallo (para que la tensión puntual de fallo no suba demasiado cuando se produzca un fallo a tierra).
- Se acepta cable de 600 V CA para un máximo de 500 V CA. Se acepta cable de 750 V CA para un máximo de 600 V CA. Para un equipo con especificación de 690 V CA, la tensión nominal entre los conductores del cable deberá ser como mínimo de 1 kV. En los convertidores con bastidor de tamaño R5 o superior, o con motores de más de 30 Kw (40 CV), deben emplearse cables a motor apantallados simétricos (véase figura más abajo). En la unidades con bastidor de tamaño R4 con motores de hasta 30 Kw (40 CV), puede utilizarse un sistema de cuatro conductores, pero se recomienda emplear cables a motor apantallados simétricos.

**Nota:** Cuando se utiliza un conducto continuo no son necesarios cables apantallados.

En los cables de entrada también está permitido usar un sistema de cuatro conductores, pero se recomienda el uso de cables a motor apantallados simétricos.

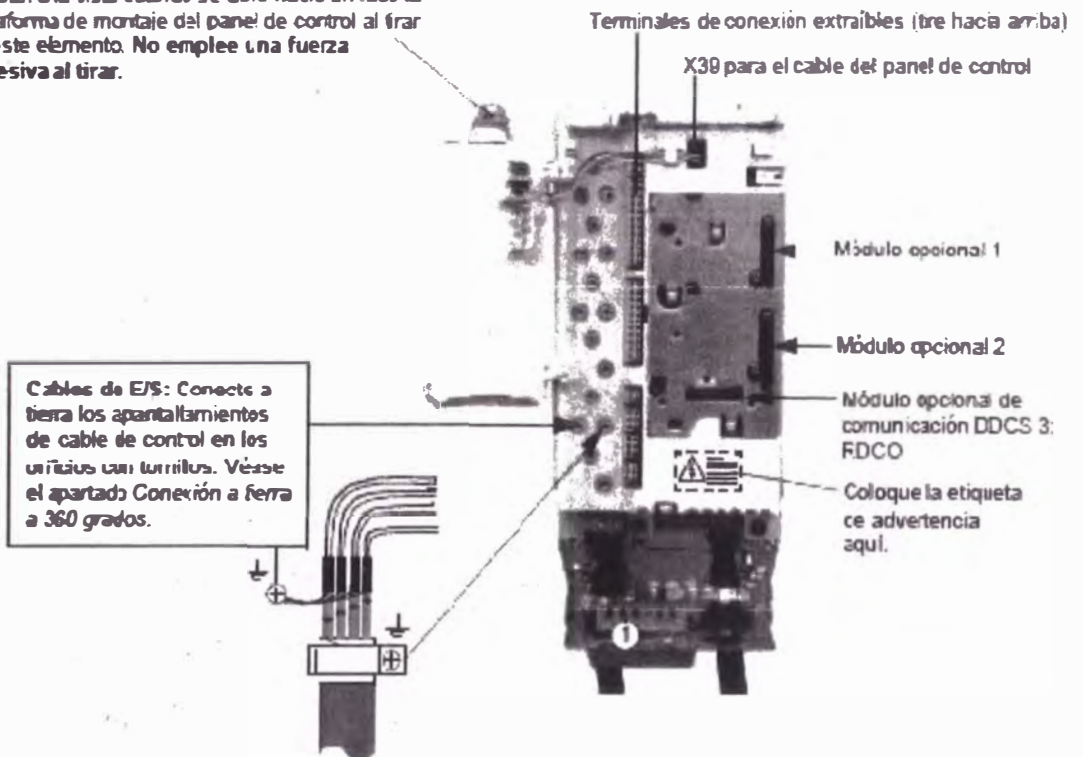
Para que actúe como conductor de protección, la conductividad de la pantalla debe ser la siguiente cuando el conductor de protección es del mismo metal que los conductores de fase:

Sección transversal de los conductores de fase $S$ (mm <sup>2</sup> )	Sección transversal mínima del conductor protector correspondiente $S_p$ (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	$S$
$16 < S \leq 35$	16
$35 < S$	$S/2$

En comparación con el sistema de cuatro conductores, el uso de cable apantallado simétrico reduce la emisión electromagnética de todo el sistema de accionamiento, así como las corrientes y el desgaste de los cojinetes del motor. El cable a motor y la conexión a tierra de la pantalla trenzada deberían dejarse lo más cortos posible para reducir la emisión electromagnética.

**Bastidores R2 a R4**

Los terminales de conexión del cable de control quedan a la vista cuando se abre hacia un lado la plataforma de montaje del panel de control al tirar de este elemento. No emplee una fuerza excesiva al tirar.

**INSTALACIÓN MECÁNICA**

Las condiciones ambientales de funcionamiento sean las adecuadas (véanse *Instalación mecánica*, *Datos técnicos: Datos IEC o Datos NEMA*, *Condiciones ambientales*). La unidad esté correctamente instalada en una pared vertical no inflamable (véase *Instalación mecánica*). El aire de refrigeración fluya libremente. El motor y el equipo accionado estén listos para la puesta en marcha (véase *Planificación de la instalación eléctrica: Selección del motor y compatibilidad*, *Datos técnicos: Conexión del motor*).

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA

(Véase *Planificación de la instalación eléctrica, Instalación eléctrica.*)

Si el convertidor de frecuencia está conectado a una red sin conexión de neutro a tierra, que los condensadores del filtro EMC +E202 y +E200 estén desconectados. Si los condensadores se almacenan durante más de un año, compruebe que se hayan reacondicionado (véase *Guía de reacondicionamiento de condensadores del ACS 600/800 [64059629 (inglés)]*). El convertidor disponga de la conexión a tierra adecuada. La tensión de red (alimentación de entrada) coincida con la tensión nominal de entrada del convertidor de frecuencia. Las conexiones a red (alimentación de entrada) de U1, V1 y W1 y sus pares de apriete sean correctos. Los fusibles de red (alimentación de entrada) y el desconectado estén instalados. Las conexiones a motor en U2, V2 y W2 y sus pares de apriete sean correctos. El recorrido del cable a motor se mantenga lejos de otros cables. En el cable a motor no haya condensadores de compensación del factor de potencia. Las conexiones de control externo en el convertidor sean correctas. Compruebe que No haya herramientas, objetos extraños ni polvo debido a perforaciones en el interior del convertidor. Con la conexión en bypass, que la tensión de la red (alimentación de entrada) no pueda alcanzar la salida del convertidor de frecuencia.

El convertidor de frecuencia, la caja de conexiones del motor y las demás cubiertas se encuentren en su lugar.

- Relé programable Zelio-Logic

TRIGGER (Trigger de Schmitt)



#### DESCRIPCIÓN:

La función Trigger de Schmitt permite supervisar un valor analógico en relación con dos umbrales de referencia. La salida cambia de estado si:

- El valor de entrada es inferior al valor mínimo.
- El valor de entrada es superior al valor máximo.

Si la entrada está comprendida entre los dos valores, el estado de salida no cambia.

Cada una de las consignas Consigna de marcha a paro y Consigna de paro a marcha pueden ser tanto el valor mínimo como el valor máximo. Esto implica un funcionamiento inverso de la función. Estos dos funcionamientos se presentan en los diagramas. Si la entrada Validación función está en estado inactivo, la salida permanecerá inactiva. La salida no cambia de estado si la entrada de Validación función pasa de estado Activo a estado Inactivo.

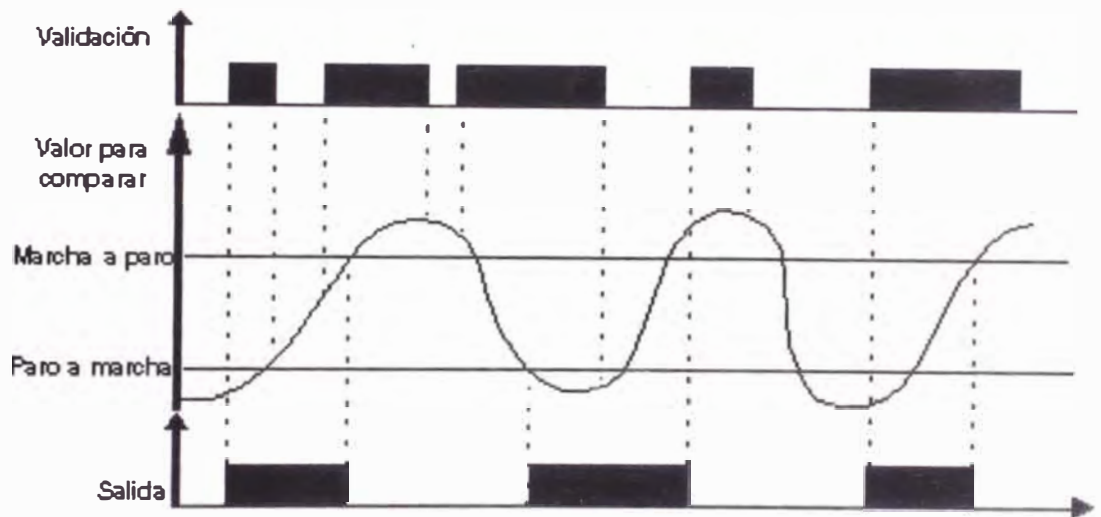
#### Entradas/salidas

La función dispone de cuatro entradas:

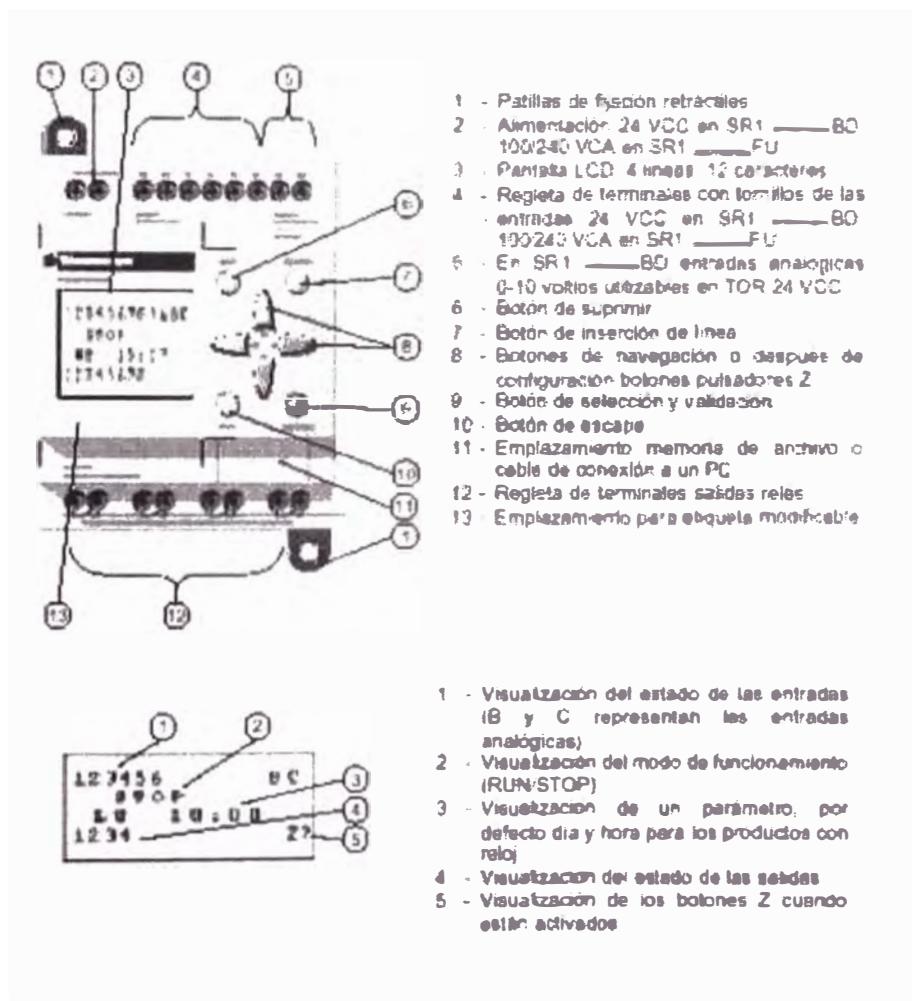
- Una entrada Valor para comparar de tipo entero
- Una entrada Consigna de marcha a paro de tipo entero
- Una entrada Consigna de paro a marcha de tipo entero
- Una entrada Validación función de tipo DIG

La función proporciona una Salida de tipo DIG

## Diagramas de funcionamiento

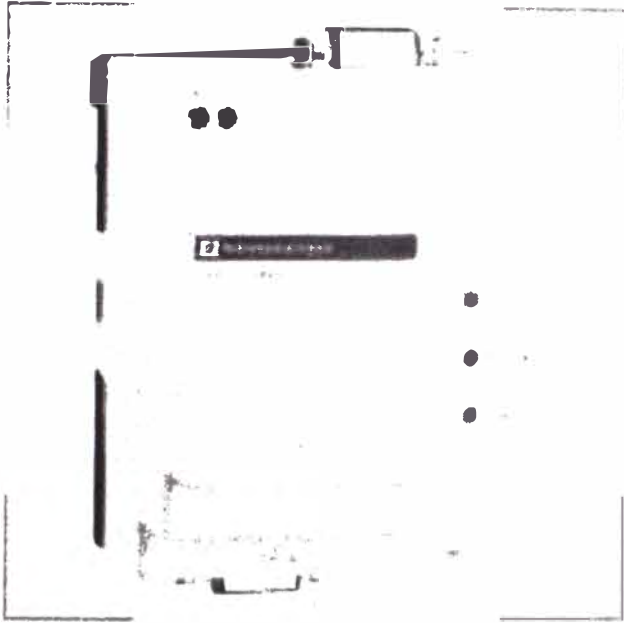


La figura presenta los distintos estados que puede adoptar la salida en caso de que la Consigna de marcha a paro sea superior a la Consigna de paro a marcha:

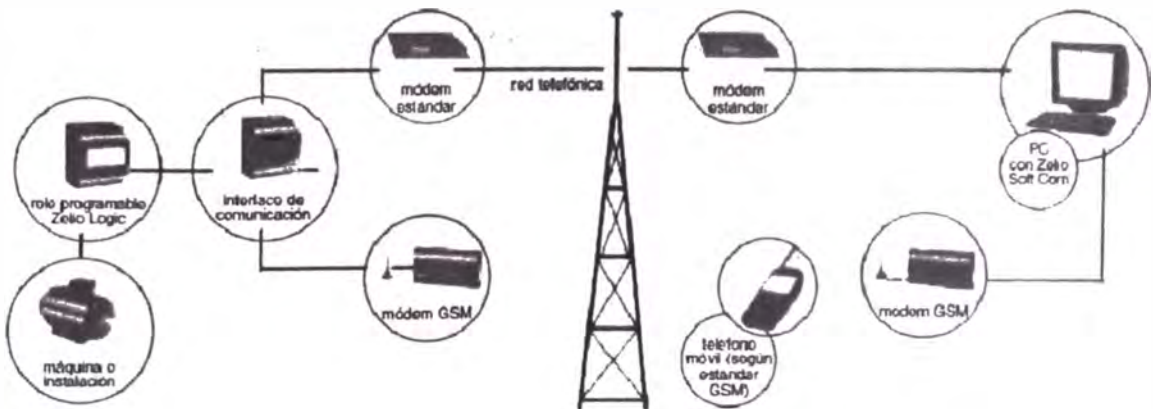


## CONTROL Y SUPERVISIÓN REMOTOS DE LAS INSTALACIONES

Con el interface de comunicación Zelio Logic, supervise y controle de forma remota sus instalaciones sin personal y reduzca los costes de mantenimiento: Evite visitas innecesarias a las instalaciones. Defina sus prioridades de mantenimiento. Realice diagnósticos previos. Con el software Zelio Soft: Reciba mensajes de advertencia en un PC o un teléfono móvil a través de SMS. Supervise la aplicación de forma remota.



Almacenamiento de mensajes, números de teléfono y condiciones de llamada.



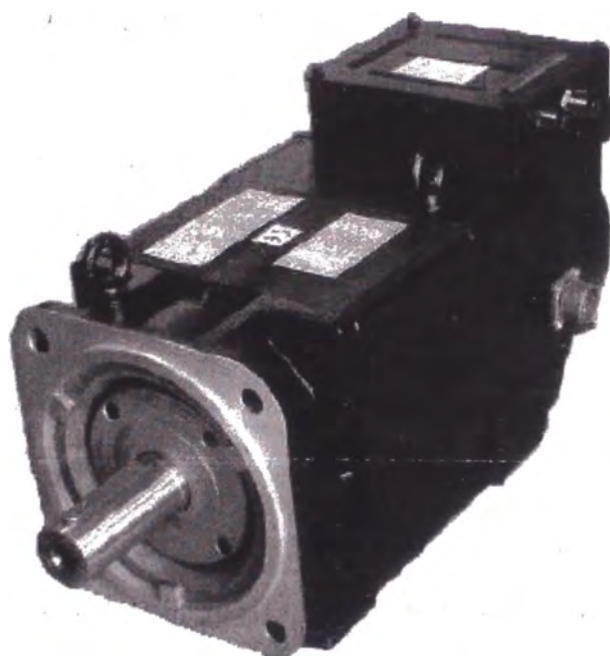


## VENTAJAS DE LOS MOTORES VECTORIALES

Los llamados motores vectoriales, como los DriveAX (IP54) y Tetravec (IP23) de la familia Powertech fabricados por Comer, han sido concebidos y fabricados teniendo presente su utilización con variadores de frecuencia. Powertech

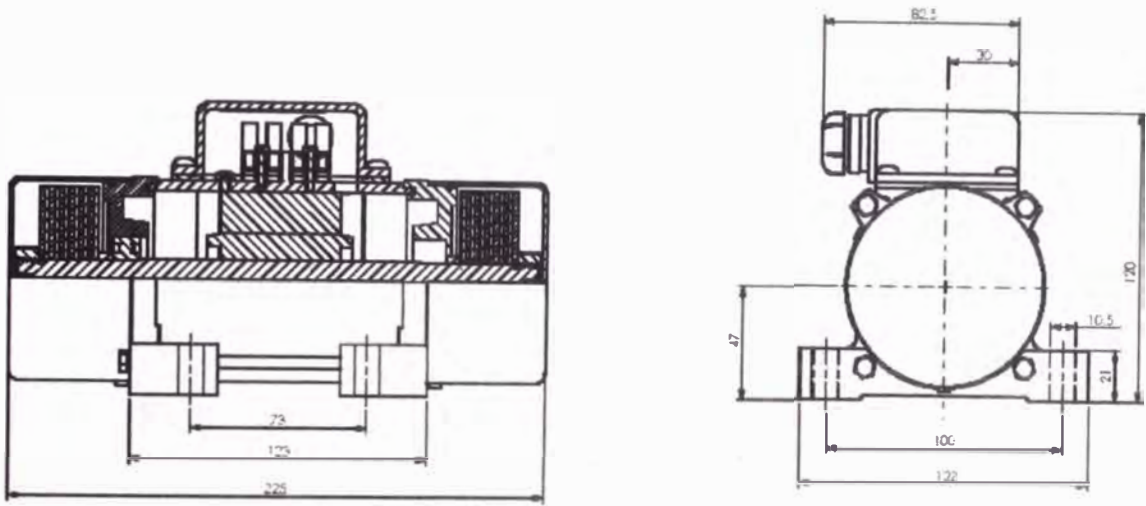
Sus características principales son:

- La carcasa, que por su forma recuerda a la de los motores de corriente continua (especialmente la gama Tetravec), está construida con chapa magnética, lo que minimiza las pérdidas magnéticas en el entrehierro. Gracias a ello las prestaciones de estos motores a velocidades por encima de la nominal son muy superiores a los asíncronos convencionales.
- Incorporan de fábrica la ventilación forzada, a elegir entre radial (como en el Powertech Tetravec) o axial (como en el Powertech DriveAX).
- Los bobinados han sido diseñados para soportar a largo plazo los armónicos de muy altas frecuencias, así como altas temperaturas.



*Powertech DriveAX (IP54)*

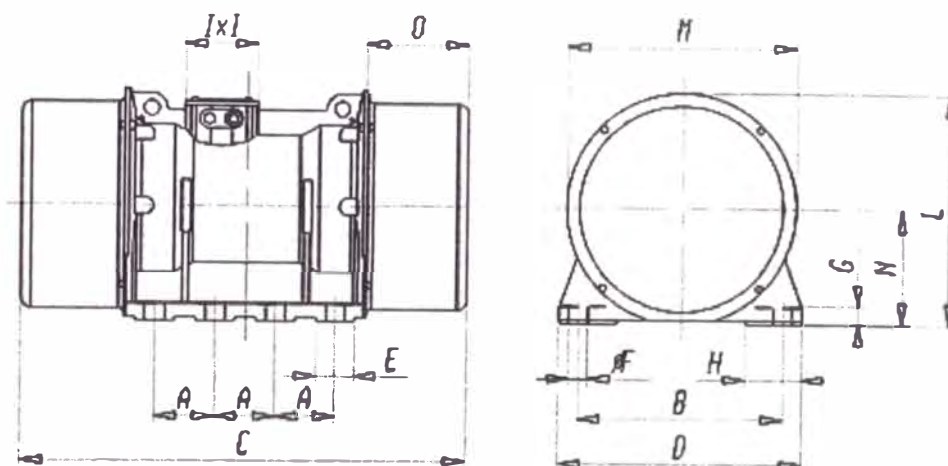
Mientras los motores de inducción convencionales son los más adecuados para aplicaciones a velocidad fija mediante conexión directa a red, los motores óptimos para su uso con variador de frecuencia son los **motores asíncronos vectoriales**. Su coste es superior al de los motores asíncronos convencionales de la misma potencia nominal, pero dentro de un orden de magnitud similar, y en general queda claramente compensado con sus ventajas técnicas. En cualquier caso hay que considerar los costes totales del motor convencional: la instalación posterior de ventilación forzada o de encoder / taco dinamo requiere unos materiales y una mano de obra que también se



### EVOLUCIÓN DEL ORO EN 10 AÑOS



## MOTOR DE VIBRACIÓN



**WEBAC WEV Series: 4 poles three-phase electric vibrators - 1500/1800 rpm**

TYPE	STATIC MOMENT		CENTRIFUGAL FORCE				MAX. INPUT POWER		MAX. INPUT CURRENT (A)		Weight		Ref.
	(kgmm)		(kg)		(kN)		(W)		380V	460V	(kg)		
	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	
<b>WEV/03/02/4</b>	14	11,6	35	42	0,343	0,412	80	90	0,2	0,19	6,0	6,0	2
<b>WEV/05/02/4</b>	32	22,1	80	80	0,785	0,785	80	90	0,2	0,19	6,6	6,4	2
<b>WEV/10/02/4</b>	87	60,8	220	220	2,16	2,16	160	160	0,38	0,38	12,5	11,5	2
<b>WEV/20/02/4</b>	167	116	420	420	4,12	4,12	280	330	0,57	0,57	19	18	2
<b>WEV/21/02/4</b>	222	166	550	600	5,40	5,89	280	330	0,56	0,56	21	20	2
<b>WEV/30/02/4</b>	298	215	750	780	7,36	7,65	500	620	0,88	0,93	28	26	2
<b>WEV/35/02/4</b>	437	276	1100	1000	10,8	9,81	520	640	0,9	0,9	45,5	41	2
<b>WEV/38/02/4</b>	556	387	1400	1400	13,7	13,7	850	1000	1,37	1,43	55	52	2
<b>WEV/40/02/4</b>	714	483	1800	1750	17,7	17,2	1100	1200	1,91	1,83	61	57	2
<b>WEV/41/02/4</b>	833	566	2100	2050	20,6	20,1	1300	1400	2,4	2,2	72	70	2
<b>WEV/50/02/4</b>	992	691	2500	2500	24,5	24,5	1500	1600	3	2,9	85	79	2
<b>WEV/53/02/4</b>	1250	870	3150	3150	30,9	30,9	1800	1900	3,6	3,3	95	92	2

## SENSOR DE NIVEL

Regulación del sensor de nivel

<b>Max.</b> 		●			
<b>Min.</b> 		●			
		●			

Endress+Hauser