

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA  
DE LA CALDERA CBS-115TN/H DE LA CENTRAL  
TÉRMICA PARAMONGA I**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECATRÓNICO**

**JORGE LUIS ESPINOZA CABALLERO**

**PROMOCIÓN 2005-II**

**LIMA-PERÚ**

**2 012**

*En agradecimiento a mis padres por el  
ejemplo de sencillez y perseverancia.*

# ÍNDICE

<b>PROLOGO</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I</b>	<b>3</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
1.1. Antecedente	3
1.2. Objetivo	5
1.3. Justificación	5
1.4. Alcances	6
1.5. Limitaciones	6
<b>CAPITULO II</b>	<b>7</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>7</b>
2.1. Descripción de una caldera bagacera	7
2.1.1. Funcionamiento	7
2.1.2. Partes de una caldera bagacera	9
2.2. Bombas centrifugas	12
2.2.1. Funcionamiento de una bomba centrifuga	12
2.2.2. Características de la bomba centrifuga	14
2.3. Potencia eléctrica trifásica	18
2.3.1. Potencia activa	18
2.3.2. Potencia reactiva	18
2.3.3. Potencia aparente	19
2.3.4. Eficiencia motor trifásico	19
2.4. Instrumentación	20
2.4.1. Transmisor de presión diferencial Profibus	20

2.4.2. Posicionador de válvula Profibus	21
2.4.3. Válvula de control	21
2.4.4. Medición de flujo con placa orificio	22
2.4.5. Controlador FieldBus	23
2.4.6. Sistema de supervisión	24
2.5. Criterios de selección de proyectos de inversión	25
2.5.1. Valor Actual Neto	25
2.5.2. Tasa interna de retorno de la inversión	26
<b>CAPITULO III</b>	<b>27</b>
<b>3. SITUACIÓN ACTUAL</b>	<b>27</b>
3.1. Situación actual	27
3.1.1. Características de las bombas	29
3.1.2. Consumo eléctrico de la bomba	31
3.1.3. Consumo térmico y costo operativo de la turbobomba	32
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>4 PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN</b>	<b>34</b>
4.1.1 Estimación de la pérdida de presión en la línea	34
4.1.2 Evaluación del punto de operación de la bomba	38
<b>CAPITULO V</b>	<b>42</b>
<b>5 EVALUACIÓN DEL RETORNO DE LA INVERSIÓN</b>	<b>42</b>
5.1.1 Tasa de interés	42
5.1.2 Ahorro de energía	42
5.1.3 Inversión	42
5.1.4 Precio de compra de energía	43
5.1.5 Calculo de la tasa de retorno y el valor actual neto	44

<b>CAPITULO VI</b>	<b>45</b>
<b>6 INICIACIÓN DEL PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN SEGÚN EL PMBOK</b>	<b>45</b>
<b>6.1 ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>45</b>
<b>6.2 ALCANCE DEL PROYECTO</b>	<b>48</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>50</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>51</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>52</b>
<b>Anexos</b>	
A. Arquitectura del sistema de control de la caldera Cbs	
B. Diagrama eléctrico de control de la motobomba de agua de alimentación 1	
C. Lógica de control de motobomba de agua de alimentación 1	
D. Datos técnicos de la bomba de agua de 75 m <sup>3</sup> /h	
E. Datos técnicos de la bomba de agua de 150 m <sup>3</sup> /h	
F. Listado de precios de motores y arrancadores suaves	

## PRÓLOGO

Satisfacer la creciente demanda de energía eléctrica para atender las necesidades de desarrollo global, requiere grandes inversiones en generación de energía. Pero estas inversiones, además de planeadas para mediano y largo plazo, implican en el uso de los recursos naturales, cada vez más escasos y muchas de estas inversiones causan daño irreversibles al ambiente, además de tener un costo de generación relativamente alto.

El presente informe trata de lograr que el sistema de bombeo de agua a la caldera trabaje de la manera más óptima posible, siendo el principal enfoque de este estudio la reducción de energía consumida por el sistema.

El primer capítulo contiene una introducción breve del desarrollo de informe, presentando los antecedentes que son la base para el desarrollo del informe, el objetivo, la justificación, alcances y sus correspondientes limitaciones.

El segundo capítulo describe el marco teórico, describiendo el funcionamiento y las partes de la caldera bagacera, así también se describe el funcionamiento y las características de las bombas centrifugas, los conceptos de potencia activa, reactiva y aparente, eficiencia del motor trifásico, los equipos de instrumentación asociados al proyecto como el transmisor de presión, posicionador de la válvula, la misma válvula de control, la placa orificio para la medición de flujo, el controlador de

todos estos dispositivos y su correspondiente sistema de supervisión. Además se incluye los conceptos financieros para la aceptación de la viabilidad económica del proyecto como la tasa de retomo interna y el valor actual neto.

El tercer capítulo muestra cual es la situación actual de operación del sistema de bombeo, indicando las características de la bombas, la medición del consumo eléctrico y la estimación del consumo eléctrico y su correspondiente consumo térmico de la turbo bomba.

El cuarto capítulo incluye la propuesta de optimización, estimando la pérdida de presión en la línea, evaluando el nuevo punto de operación del sistema.

En el quinto capítulo se muestra los gastos asociados y su respectivo cálculo del retorno de la inversión.

En el sexto capítulo se encuentra las dos actas de iniciación según el PmBok, para implementar el proyecto mencionado en el informe, en la cual se desarrolla el acta de iniciación y los alcances del proyecto presentado, para que el proyecto de optimización pueda ser aprobado y ejecutado.

En la última parte se presenta las conclusiones, recomendaciones, la bibliografía y sus correspondientes anexos, en la cual se incluyen planos eléctricos para realizar las conexiones de control para el accionamiento y supervisión del nuevo motor propuesto.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

El incremento del consumo de energía, la escasez del combustible fósil y los efectos nocivos sobre el ambiente (que se dan en la generación), son preocupaciones que se presentan como desafíos para la ciencia y tecnología a nivel global.

“El estado y las empresas vienen apostando por el desarrollo de energías Limpias como la energía eólica, Biomasa y centrales hidroeléctricas”.

[<http://www.bnamericas.com/news/energielectrica/cpfl-ve-con-optimismo-futuro-de-crecimiento-de-energia-verde>]

Las industrias azucareras y/o alcohólicas vienen dando solución a los problemas mencionados, así internamente vienen satisfaciendo su consumo de energía eléctrica, a través de la cogeneración. Cabe mencionar, que algunas de estas empresas se han propuesto como objetivo, la venta de energía eléctrica, dedicándose en paralelo a la producción de azúcar y/o alcohol, siendo este último utilizado cada vez más como un combustible para el transporte, conocido como bioetanol.

### **1.1 ANTECEDENTE**

La Empresa Agro industrial Paramonga S.A.A, está ubicada en el distrito de

Paramonga, en el Km 215 al norte de Lima, se dedica a la producción de azúcar, alcohol y la generación de energía, con más de 1,300 trabajadores. Tiene una producción diaria de 400 Tn de azúcar rubia y refinada, 10,000 Lt de alcohol y 300Mwh de energía a base de bagazo de caña, y un consumo de energía de 180Mwh la cual es comprada a una generadora.

Toda la Energía generada es entregada al sistema interconectado nacional en 138kV, bajo la modalidad de generación de energía renovable desde los bornes del generador de la Turbina a vapor, la energía que consume la planta se compra a través de un contrato de usuario libre a una generadora de energía eléctrica.

La energía Eléctrica es producida por una Turbogenerador a vapor, cuyo vapor es suministrado por una caldera bagacera de 115 Tn/h de vapor a 42 Barg. de presión y a 400°C de temperatura, la cual utiliza un sistema de bombeo de agua desaireada compuesta de 2 electrobombas de 75m<sup>3</sup>/h y una turbobomba de 150 m<sup>3</sup>/h, se muestra el diagrama del proceso en la figura. 1.1

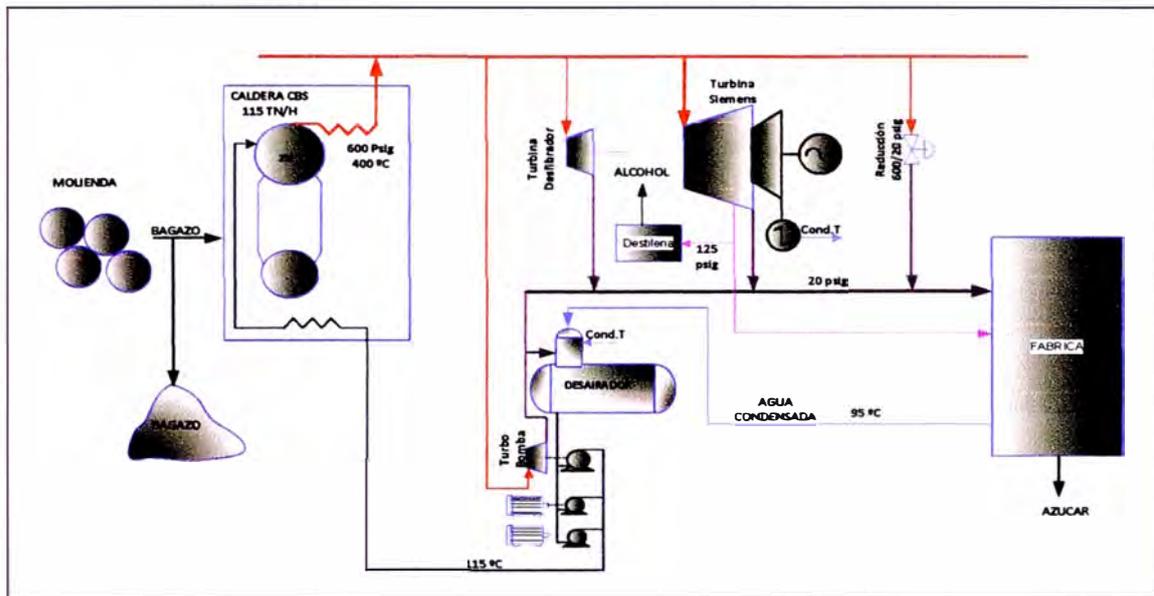


Figura 1.1 -Diagrama de distribución del Vapor y retomo de agua

## 1.2 OBJETIVO

Reducir los costos operativos del sistema de bombeo que abastece de agua a la caldera CBS-115tn/h, optimizando el funcionamiento de una de las bombas de alimentación de agua.

## 1.3 JUSTIFICACIÓN

La visión de la Superintendencia de energía de la empresa Agroindustrial Paramonga es "Ser la Central térmica de cogeneración más eficiente, con un personal comprometido y desarrollado profesionalmente, cuidando el ambiente".

Con uno de sus objetivos estratégicos de reducir los costos operativos de la central de cogeneración.

#### **1.4 ALCANCES**

El alcance del informe inicia en evaluar la situación actual, en determinar si la alternativa propuesta hace que el sistema de bombeo sea más eficiente y finaliza en la presentación del acta de iniciación del proyecto a la Gerencia General

#### **1.5 LIMITACIONES**

El Informe no incluirá los cálculos hidráulicos de pérdida de presión, ya que el sistema tiene instalado manómetros para determinar dicha pérdida, tampoco incluirá el desarrollo de la ingeniería de detalle para la ejecución del proyecto.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 DESCRIPCIÓN DE UNA CALDERA BAGACERA

Para la combustión del bagazo se utiliza calderas acuatubulares, en este tipo de calderas, el agua está dentro de los tubos, y son usadas en centrales eléctricas, en plantas azucareras, y en grandes industrias que necesitan una gran demanda de vapor y altas presiones para su proceso, tal como se muestra en la figura 2.1.

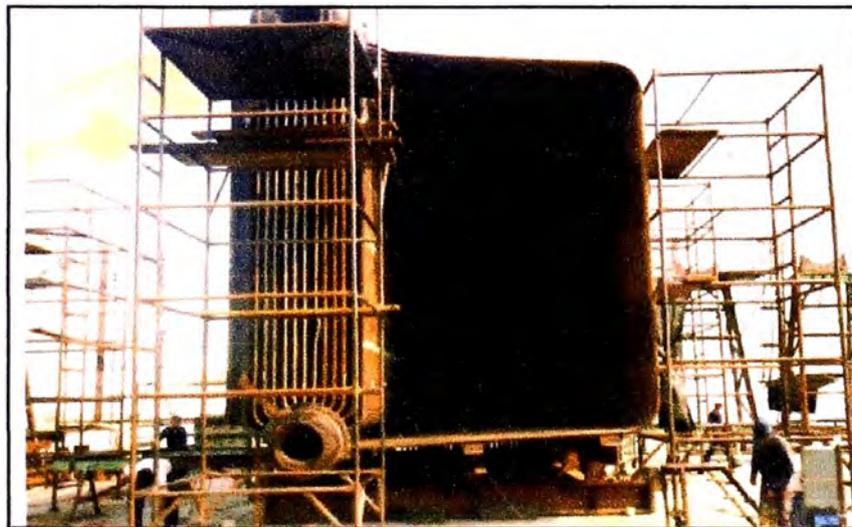
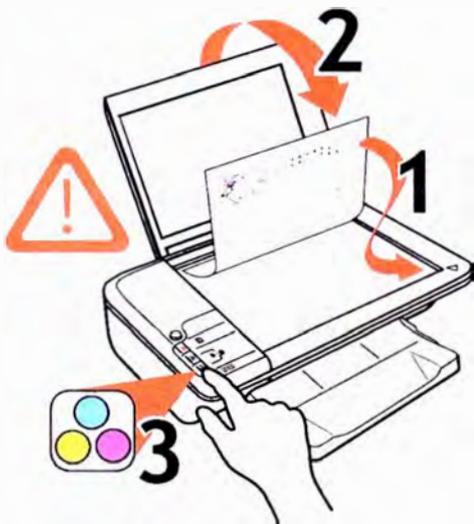
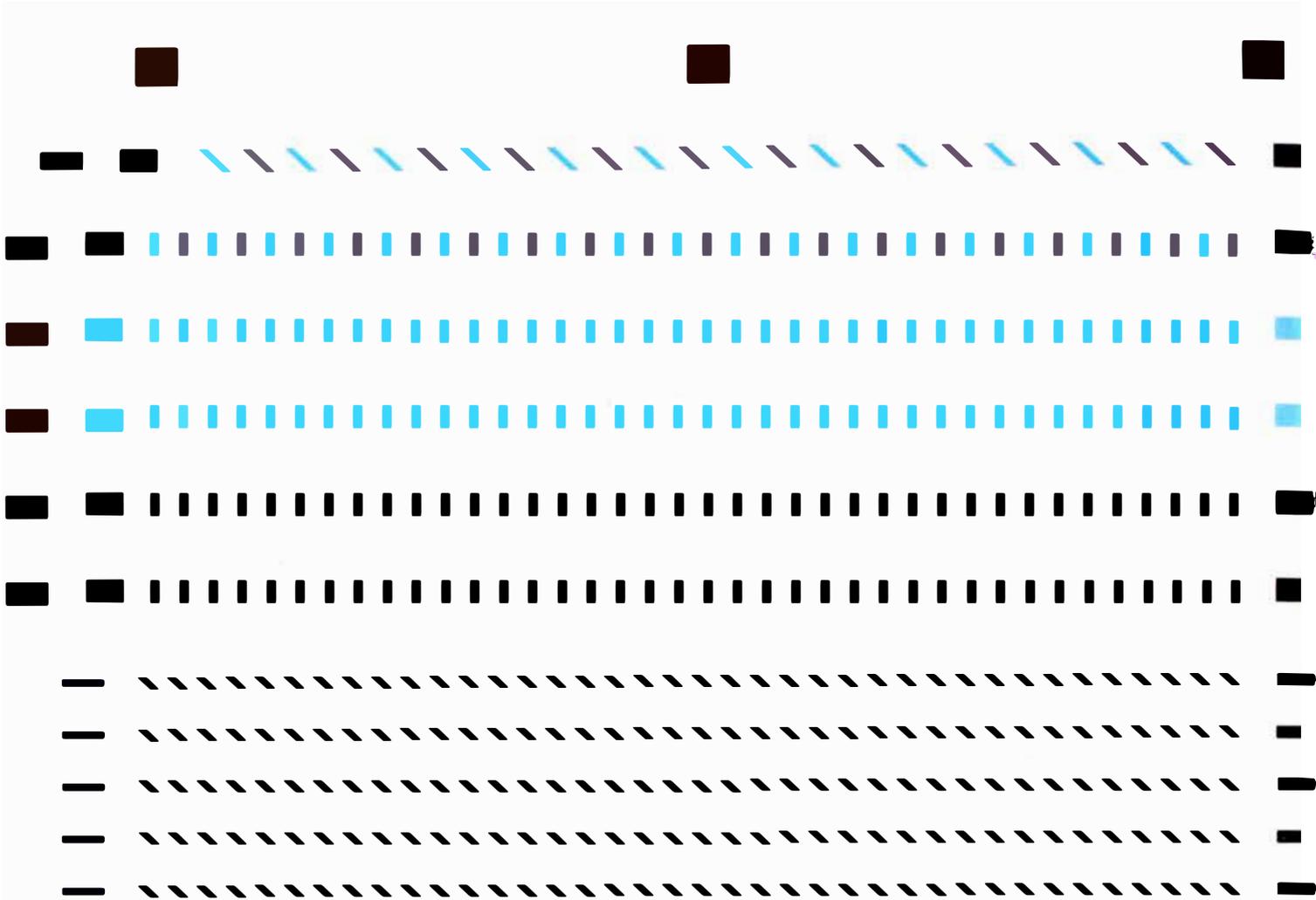


Figura 2.1 Caldera acuatubular (Material de estudio: operación y mantenimiento de calderas - Engizone)

##### 2.1.1. Funcionamiento

La producción del vapor de agua depende de la correspondencia que exista entre dos de las características fundamentales del estado gaseoso, que son



- You must scan this alignment page for best quality!
- Vous devez numériser cette page d'alignement pour obtenir une qualité optimale.
- Für beste Qualität ist es erford., diese Ausrichtungss. zu scannen.
- Escanee esta página de alineación para obtener la calidad óptima.
- Per una stampa ottimale eseguire la scansione della pagina di allineamento.
- Digitalize esta página de alinhamento para obter a melhor qualidade!
- 您必須掃描此校準頁, 才能獲得最佳質量!
- 최상의 인쇄 품질을 얻으려면 이 정렬 페이지를 스캔해야 합니다!

Z: Altura (m)

$\rho$ : Densidad del fluido (w/m<sup>3</sup>)

W: Trabajo realizado por el fluido (w/Kg)

$\rho \cdot g$ : Valor específico del fluido (w/Kg)

Para hallar la pérdida de presión para un flujo máximo de 120 m<sup>3</sup>/h, se realizara por regresion cuadratica, con error cuadratico medio, con la siguiente ecuación:

$$K \cdot \sum_{i=1}^n Flujo_i^4 + Z_T \sum_{i=1}^n Flujo_i^2 = \sum_{i=1}^n Flujo_i^2 \cdot DP \quad \dots \text{(VIII)}$$

$$K \cdot \sum_{i=1}^n Flujo_i^2 + Z_T \cdot n = \sum_{i=1}^n DP \quad \dots \text{(IX)}$$

En base a la tabla 4.2 se puede obtener los resultados de la tabla 4.3

Tabla 4.2

Item	Flujo (m <sup>3</sup> /h)	DP=Presión (Bar)	Flujo <sup>2</sup>	Flujo <sup>4</sup>	Flujo <sup>2</sup> .DP
1	132.33	12.33	17,509.30	306,007,410.10	220,143.07
2	130.34	12.49	16,988.52	288,609,662.29	212,186.56
3	146.78	13.09	21,544.37	464,159,809.75	282,015.78
4	135.80	12.71	18,441.64	340,004,085.80	234,303.74
$\Sigma$	<b>545.47</b>	<b>50.82</b>	<b>74,544.03</b>	<b>1,401,550,976.03</b>	<b>948,741.45</b>

Remplazando los valores en la ecuación VIII y IX, se obtiene:

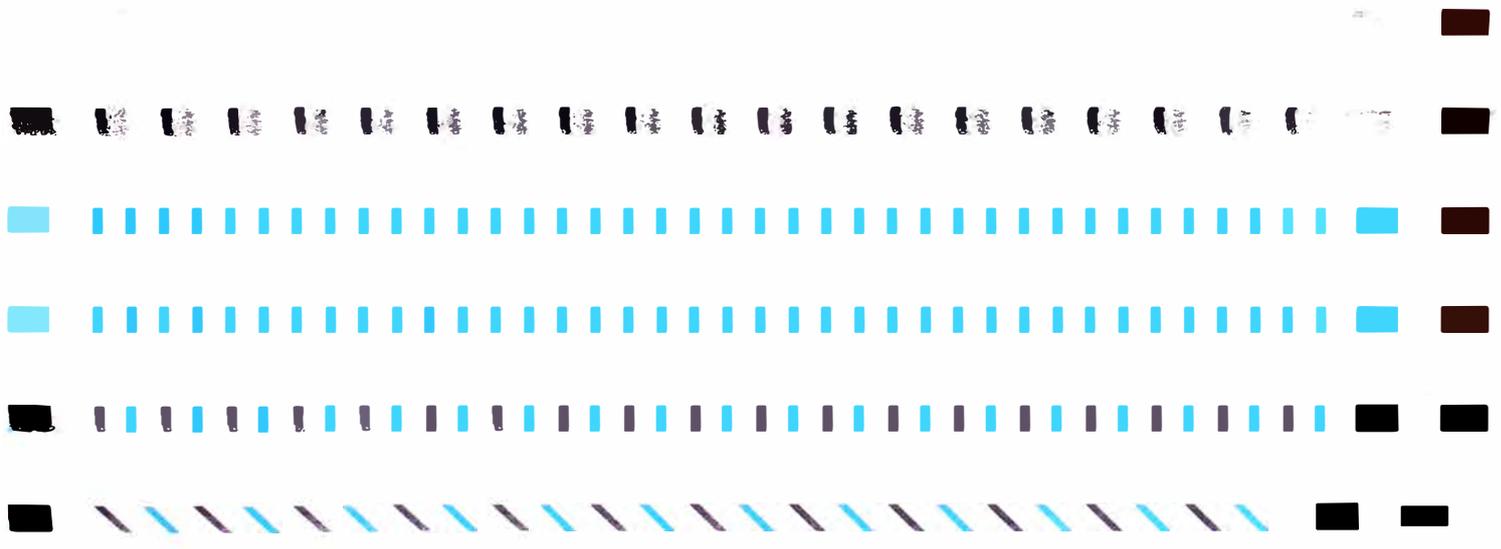
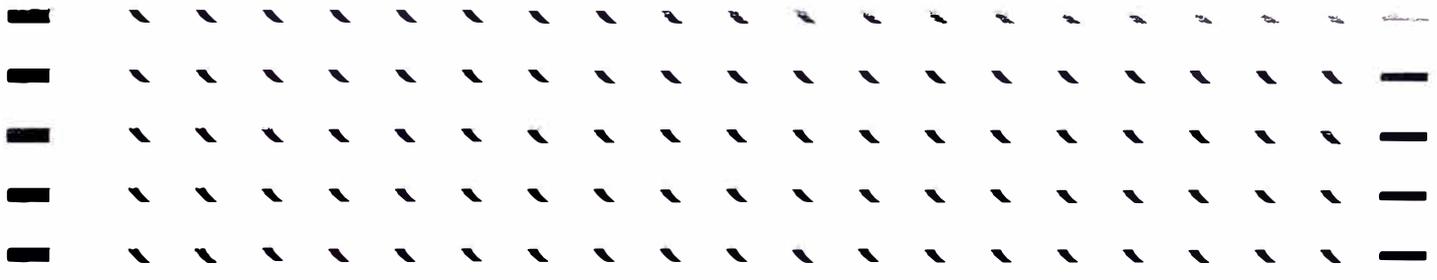
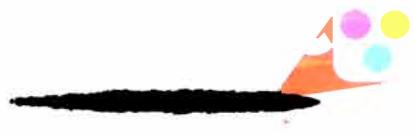
$$1,401,550,976.03K + 74,544.03Z_T = 948,741.45 \quad \dots \text{(X)}$$

$$74,544.03K + 4Z_T = 50.82 \quad \dots \text{(XI)}$$

Resolviendo la ecuación X y XI, y reemplazando en VII se obtiene que:

$$DP = 0.000134402Flujo^2 + 10.2 \quad \dots \text{(XII)}$$

Para un flujo máximo de 120 m<sup>3</sup>/h se obtiene un DP=12.14 Bar y para un flujo promedio de 105 m<sup>3</sup>/h se tiene un DP=11.68 Bar, a partir de la ecuación XII, se obtiene la curva representada en la figura 4.2.



la presión y la temperatura. A cualquier temperatura, por baja que esta sea, se puede vaporizar agua, con tal que se disminuya convenientemente la presión a que se encuentre sometido dicho líquido, y también a cualquier presión puede ser vaporizada el agua, con tal que se aumente convenientemente su temperatura.

El agua que se encuentra depositada en los tubos de la caldera, absorbe gran proporción del calor, producido por la combustión del bagazo y el aire caliente proveniente de los pre calentadores, esta agua, a una determinada presión, producto de esta transferencia de calor el agua pasa a su estado vapor, este es recepcionado en el domo superior, luego el vapor saturado, pasa por unos filtros para separar las partículas de agua adheridas a él y a través del serpentín de los sobrecalentadores, el vapor se sobrecalienta, y es transportado para las distintas partes del procesos.

Entre unos de los parámetros de operación, más importante en una caldera en conservar el nivel de agua adecuada dentro del domo., se tiene que la cantidad de agua que en él ingrese, se deba equilibrar con la cantidad de vapor producido, sumando a este último, las purgas.

Si el nivel del domo baja por debajo del nivel de los tubos, estos últimos no serán refrigerados correctamente y en consecuencia aumentará rápidamente su temperatura, originándose probablemente la rotura de los mismos.

Por el contrario, si este nivel sube demasiado, restaría lugar para que el vapor se separe satisfactoriamente del agua, resultando en el arrastre de agua y sólidos al sobrecalentador y/o equipos.

### 2.1.2 Partes de una caldera bagacera

Las calderas bagaceras, poseen como componentes principales: los domos (pueden ser monodrum o multidomos), el hogar, el haz de convección, sobrecalentadores y como componentes auxiliares, se encuentran los economizadores, precalentadores de aire, equipos retenedores de partículas (ciclones, multiciclones, lavador de gases y/o filtros electrostáticos), ventiladores de inyección de aire, ventiladores extractores de gases, bombas de alimentación de agua, los transportadores de bagazo y el sistema de control y potencia, tal como se muestra en la figura 2.2. A continuación se describirá las partes principales de la caldera bagacera.

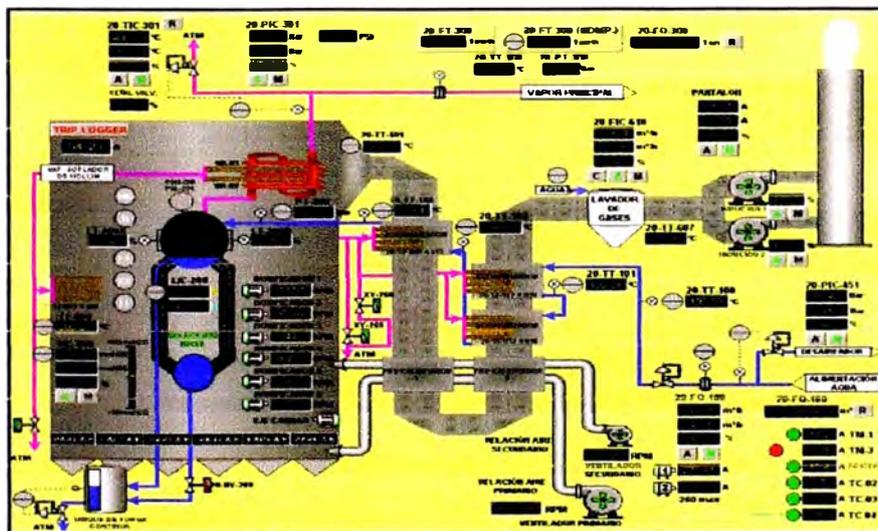


Figura 2.2 . Esquema de una caldera bagacera ( Cortesía Agro Industrial Paramonga S.A.A)

### **2.1.2.1 Domo superior**

El domo superior es una de las partes más importantes de la caldera y cumple con la función de proveer el espacio físico para producir la separación de fase entre la mezcla agua y vapor, alojar todos los elementos de separación necesarios (separadores ciclónicos, separadores primarios, secundarios, etc.), proveer un reservorio con el fin de absorber las variaciones del nivel durante los transitorios, calentar el agua de alimentación que ingresa, mezclar el agua de caldera con productos químicos, proveer el espacio para efectuar el purgado del agua de caldera, vincular el anclaje mecánico para todos los tubos que ingresan a él.

### **2.1.2.2 Haz convectivo**

El haz convectivo es el sector en donde se lleva a cabo gran parte de la transformación de agua en vapor. Esto implica que la temperatura de la mezcla agua/vapor que circula dentro de sus tubos, es la correspondiente a la de saturación a la presión del domo. En esta sección, la forma de transferencia de calor que predomina es la convección, pues los gases transfieren su calor progresivamente por convección en la medida que atraviesan las sucesivas filas de tubos.

### **2.1.2.3 Hogar**

El medio de transferencia de calor que caracteriza a este sector es, sin lugar a dudas, la radiación. Este recinto se caracteriza por el hecho de tener la mayor superficie expuesta posible a la radiación luminosa.

Es netamente un recinto delimitado por paredes, techo y piso de agua. Estas últimas están compuestas por tubos unidos entre sí por una membrana

metálica, más conocidos como paredes membrana o paredes de agua. En ellas, a igual que en el haz convectivo, es en donde se produce el cambio de estado de agua a vapor, o sea que la temperatura de la mezcla que circula dentro de éstos, es la correspondiente a la de saturación a la presión del domo.

Las tres funciones más importantes que tiene un hogar desde el punto de vista de la combustión son de proveer el espacio necesario para acomodar la llama, sin que ésta toque los tubos, de mantener la temperatura de la llama y de los gases lo más alta posible durante el tiempo necesario con la finalidad de que la combustión se complete sin humos o cenizas y de proveer un recinto hermético que evite las fugas de gases (hogar presurizado) o entrada de aire ajeno a la combustión (hogar subpresurizado).

#### **2.1.2.4 Sobrecalentador**

La función del sobrecalentador es la de elevar la temperatura de vapor por encima de la de saturación a la presión de domo, tiene las cualidad de obtener una ganancia termodinámica que implica trabajar con un fluido con mayor entalpía, en la figura 2.3 se observa los sobrecalentadores primarios y secundarios en una caldera acuotubular.

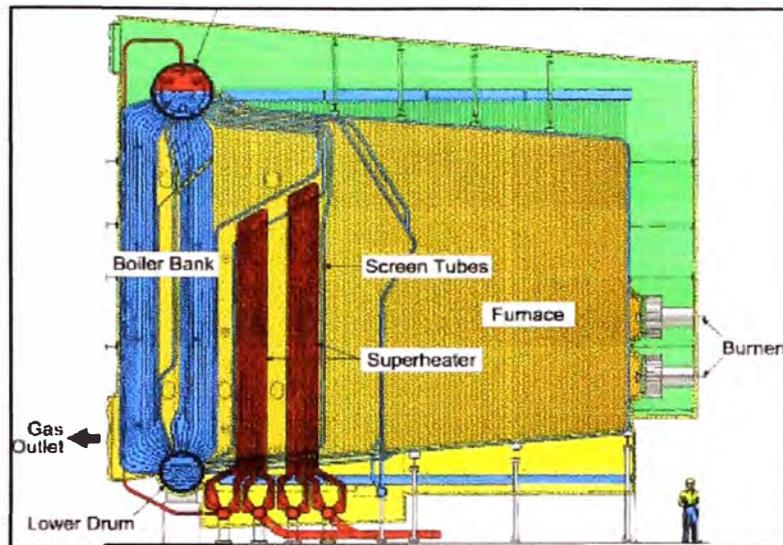


Figura 2.3 Caldera de doble sobrecalentamiento de vapor  
(www. Babcock.com)

## 2.2 BOMBAS CENTRIFUGAS

### 2.2.1 Funcionamiento de una Bomba Centrífuga

Una bomba centrífuga es un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor rotatorio llamado rodete en energía cinética y potencial requeridas. El fluido entra por el centro del rodete, que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba, que por el contorno de su forma lo conduce hacia la salida o al siguiente rodete (Bombas multietapa figura 2.4).

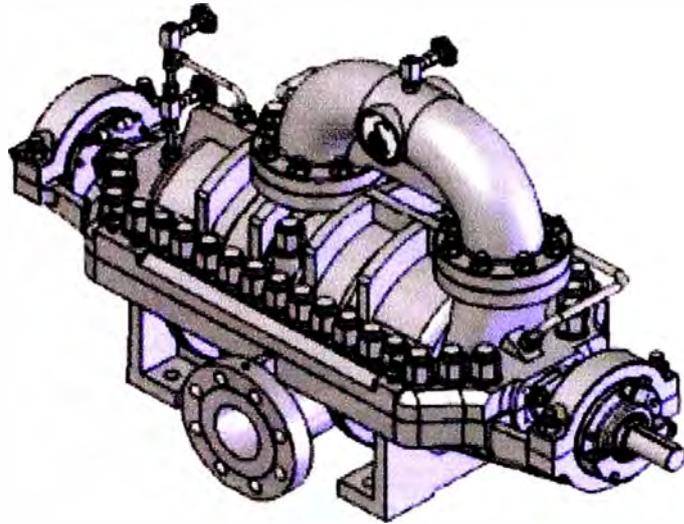


Figura 2.4 Bomba centrífuga de 6 etapas

En la figura 2.5 se observa el despiece de la bomba que se usará como objeto de mejora de este informe, entre sus principales piezas tenemos, carcasa, rodetes, eje, soportes de rodamiento, chavetas, anillo de desgastes.

a explosión:

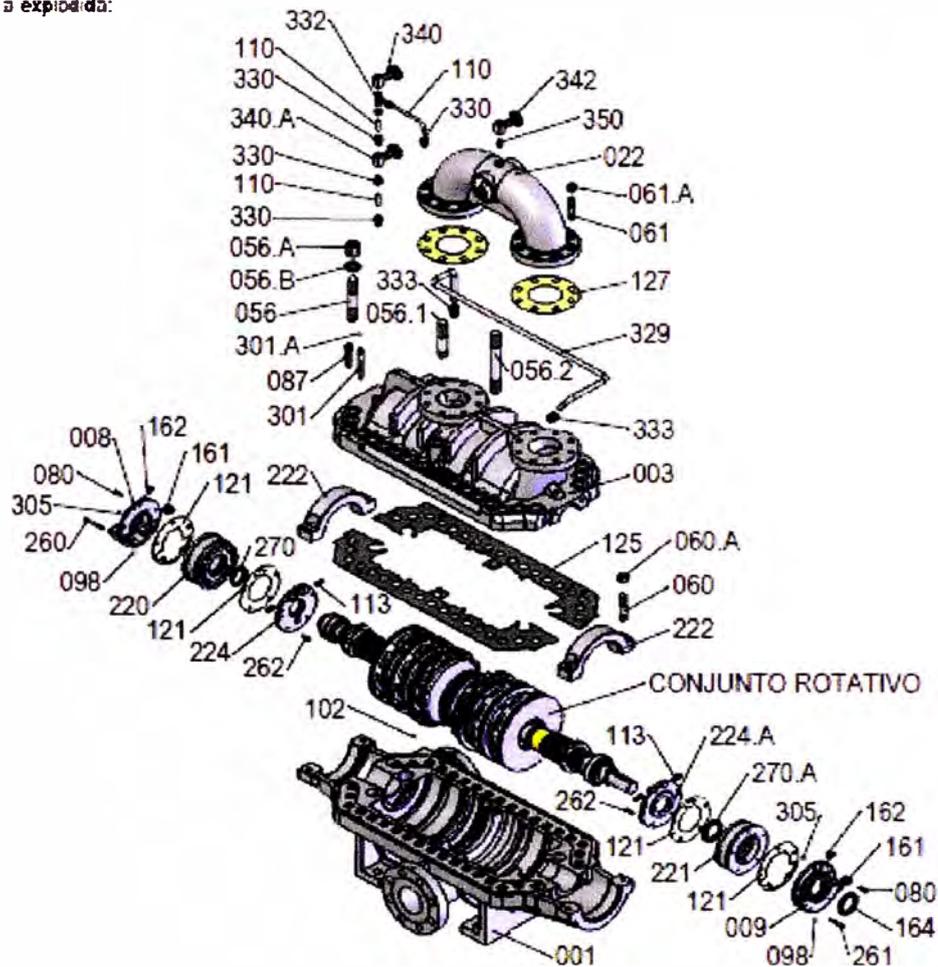


Figura 2.5 Despiece de una bomba centrífuga de 6 etapas

## 2.2.2 Características de la Bomba Centrífuga

Las variables que intervienen en el comportamiento de una bomba centrífuga son las siguientes:

### 2.2.2.1 Altura (H)

Toda bomba centrífuga tiene, para una velocidad particular y un diámetro particular de impulsor cuando manipula un líquido de variación de viscosidad

despreciable, una curva de operación, la cual indica la relación entre la columna (o presión) desarrollada por la bomba, y el flujo a través de la bomba. La curva que se muestra en la Figura 2.6, es un ejemplo típico. Como podemos ver, a medida que la capacidad aumente, la columna total que es capaz de desarrollar la bomba se reduce. En general la columna más alta que es capaz de desarrollar una bomba centrífuga es a un punto donde no hay flujo a través de la bomba; esto es cuando la válvula de descarga está completamente cerrada. Recordar que estas curvas de operación están basadas en una velocidad, diámetro de impulsor y viscosidad particulares. En general, la viscosidad a la cual se dan las curvas características es la viscosidad del agua a 25 °C.

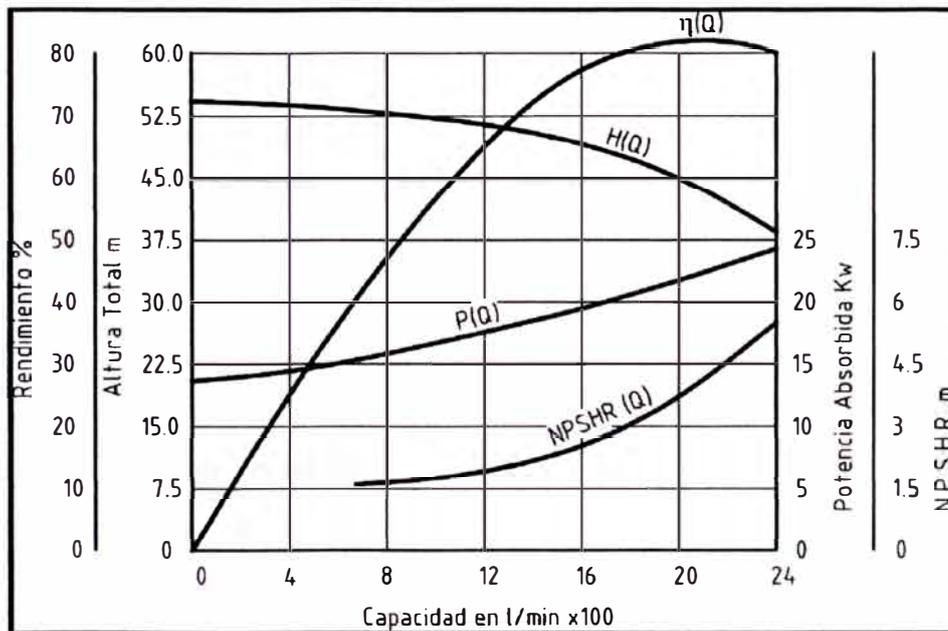


Figura 2.6 Curva de operación de una bomba

### 2.2.2.2 Potencia (P)

Para operar a la capacidad deseada, encontramos que debemos suministrar cierta energía a la bomba (potencia suministrada o BHP). Entonces, podemos graficar una curva representando la relación entre la capacidad y la potencia suministrada, nuevamente basada en los factores constantes previamente definidos. Para bombas centrífugas generalmente la potencia suministrada incrementa con un incremento en la capacidad.

$$P_{util} = Q \cdot H \cdot \gamma$$

### 2.2.2.3 Eficiencia ( $\eta$ )

La eficiencia no podemos medirla directamente, sino que debemos calcularla de la información que hemos obtenido. La eficiencia puede determinarse a la cual está operando la bomba para una determinada capacidad y puede graficarse.

$$\eta = \frac{P_{util}}{P_{entregada\ al\ eje}}$$

### 2.2.2.3 Altura neta de succión positiva (NSPH)

Es la lectura de presión medida en pies o en metros de columnas del líquido tomada de la entrada de la succión, referida a la línea de centro de la bomba, menos la presión de vapor del líquido correspondiente a la temperatura del líquido, mas la carga de la velocidad en el mismo punto. Es la carga estática que recibe la bomba en la succión menos las pérdidas en la propia tubería de la succión.

$$NPSH = \frac{P_s - P_{vp}}{\gamma} + h_s - h_{fs}$$

#### 2.2.2.4 La velocidad específica ( $N_s$ )

La velocidad específica es un número que ampliamente define la geometría del impulsor y la operación de una bomba centrífuga, independiente de su tamaño.

Se puede definir como las revoluciones por minuto a las cuales los impulsores geoméricamente similares podrían girar para dar una descarga de 1 gal/min contra una columna de un pie.

$$N_s = \frac{N \cdot Q^{0.5}}{H^{0.75}}$$

#### 2.2.2.5 Velocidad específica de succión (S)

La magnitud de la velocidad específica de succión es un índice de la posibilidad de la bomba para operar sin cavitación.

$$S = \frac{N \cdot Q^{0.5}}{H^{0.75}}$$

#### 2.2.2.6 Leves asociadas

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{N_2}{N_1} \quad \frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \quad \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3$$

Donde:

$P_s$ : Presión de succión

$h_{fc}$ : Perdida por fricción

$P_{vp}$ : Presión de vapor del fluido

N = RPM

$\gamma$ : Densidad específica

Q = Caudal total

$h_s$ : Altura estática

H = Columna desarrollada

## 2.3 POTENCIA ELÉCTRICA TRIFÁSICA

La potencia absorbida por un motor eléctrico trifásico está compuesta por la potencia activa, reactiva y aparente, tal como se muestra en la figura 2.7.

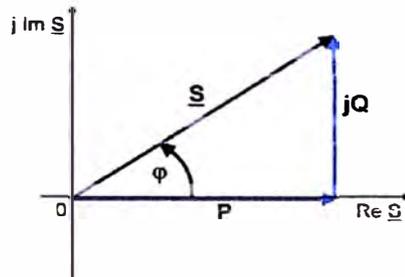


Figura 2.7. Diagrama de potencia

### 2.3.1 Potencia activa (P)

Es la potencia que representa la capacidad de un circuito para realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo. Esta potencia es, por lo tanto, la realmente consumida por los circuitos y, en consecuencia, cuando se habla de demanda eléctrica, es esta potencia la que se utiliza para determinar dicha demanda. Su unidad de medidas es en Watt (W)

$$P = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi$$

### 2.3.2 Potencia reactiva (Q)

Es la energía que se necesita para magnetizar el núcleo ferromagnético de cargas inductivas (motores de inducción, generadores de corriente alterna, transformadores, etc.). no tiene carácter de ser consumida y sólo aparecerá cuando existan bobinas o condensadores en los circuitos. La potencia reactiva tiene un valor medio nulo, por lo que no produce trabajo necesario. Su unidad de medida es en Voltiamperios reactivos (Var)

$$Q = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \text{sen}\varphi$$

### 2.3.3 Potencia aparente (S)

Es la suma (vectorial) de la potencia que disipa dicho circuito y se transforma en calor o trabajo y la potencia utilizada para la formación de los campos eléctrico y magnético de sus componentes, que fluctuará entre estos componentes y la fuente de energía. Su unidad de medidas es Voltiamperios (VA)

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

$$S = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L$$

### 2.3.4 Eficiencia de un motor trifásico ( $\eta_m$ )

El motor asíncrono, como cualquier motor eléctrico, convierte energía eléctrica en mecánica. La energía eléctrica consumida por el motor es la energía absorbida P, mientras que la entregada es la potencia útil  $P_{\text{útil}}$ .

La eficiencia o rendimiento del motor se define como la relación entre la potencia útil y la absorbida

$$\eta_m = \frac{P_{\text{útil}}}{P}$$

Donde:

$V_L$ : Voltaje de Línea

$I_L$ : Corriente de Línea

$\Phi$ : Angulo de desfase

P: Potencia Activa o Potencia Absorbida

Q: Potencia reactiva

S: Potencia Aparente

$\eta_m$ : Eficiencia del motor

$P_{\text{útil}}$ : Potencia útil del motor

## 2.4 INSTRUMENTACIÓN

Existe diferentes tipos de instrumentos, elementos actuadores, controladores, y sistemas de supervisión, debido a que esta área de conocimiento es muy extensa, solo nos enfocaremos a los transmisores que se usan en planta y que son parte para la realización de nuestros objetivos, como son los trasmisores de presión, de flujo, posicionadores, la válvula de control de ingreso de agua a la caldera, la red de comunicación usada, el controlador y el sistema de supervisión.

La tecnología digital usada en estos transmisores permite varios tipos de funciones de transferencias, y una interface fácil entre el campo y la sala de control. También tiene varias características interesantes que reduciría el costo de instalación, operación y mantenimiento.

### 2.4.1 Transmisor de presión diferencial Profibus

Estos transmisores están basados en un sensor capacitivo probado que proporciona una operación confiable y alto desempeño, además posee en su construcción un sensor para compensar las desviaciones de su precisión por efectos de la temperatura.

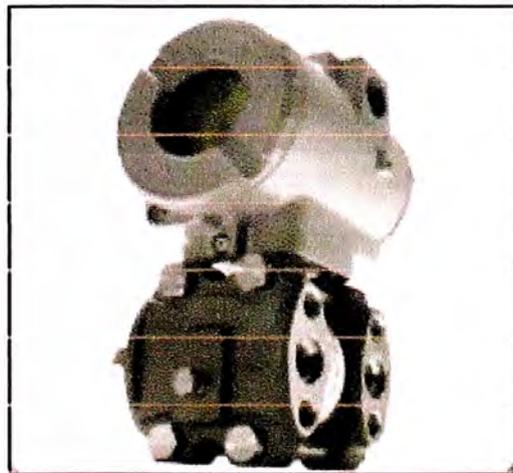


Figura 2.8 Transmisor de Presión

### 2.4.2 Posicionador de válvula Profibus

Este posicionador es para la actuación de simple o doble movimiento lineal (válvulas globo, compuertas, diafragma) y rotatorias (bola, mariposa), está basada en un piezoeléctrico y un sensor de efecto hall probada en campo, que proporciona una confiable operación y alta desempeño.



Figura 2.9. Posicionador

### 2.4.3 Válvula de control

La válvula de control es básicamente un orificio variable por efecto de un actuador. Constituye el elemento final de control en más del 90 % de las aplicaciones industriales. El método más aceptado para el dimensionamiento es conocido como el Procedimiento de Coeficiente de Flujo de la válvula ( $C_v$ ) y depende del tipo, diámetro y grado de apertura de este dispositivo. En donde el flujo para líquidos se calcula con la siguiente fórmula:

$$F = C_v \sqrt{\frac{\Delta P}{\gamma}}$$

Donde:

F: Flujo del líquido

$\Delta P$ : diferencial de presión antes y después de la válvula

$\gamma$ : Densidad específica

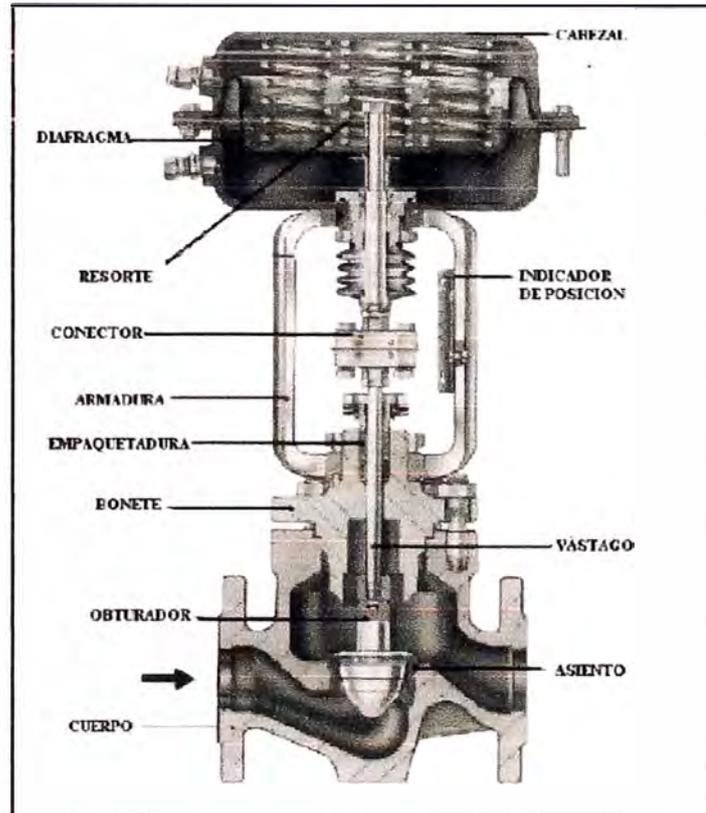


Figura 2.10. Válvula de control

#### 2.4.4 Medición de flujo con placa orificio

La placa orificio consiste en una placa perforada ubicada en el interior de una tubería. Posee además, dos tomas de presión, una en la parte anterior y otra en la parte posterior de la placa, a las cuales se conecta transmisor de presión diferencial, y a través de la siguiente fórmula se calcula el flujo volumétrico.

$$Q = \frac{C_D \cdot A_0}{\sqrt{1 - (A_0/A_1)^2}} \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

Donde:

$C_D$ : Coeficiente de descarga	$P_1$ : Presión estática agua arriba
$A_0$ : Área del orificio	$P_2$ : Presión estática agua abajo
$A_1$ : Área de la tubería principal	$\rho$ : Densidad del líquido

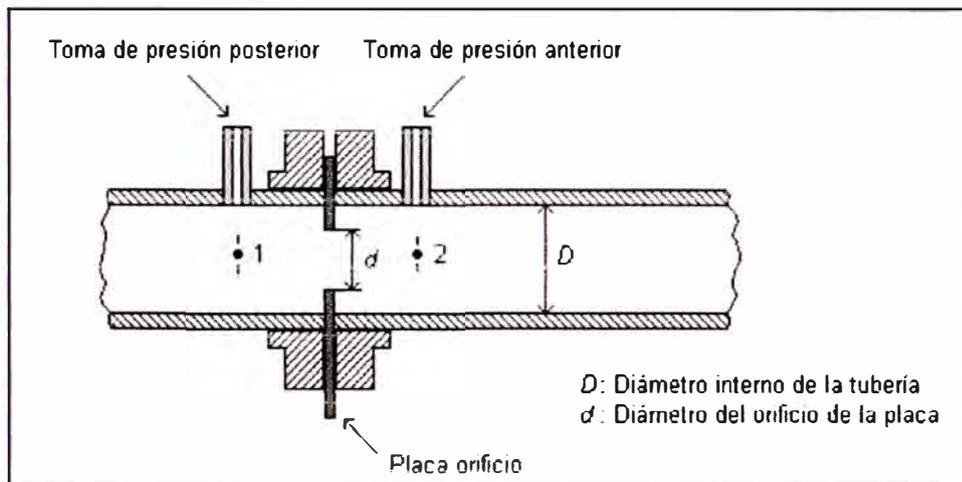


Figura 2.11. Placa Orificio

#### 2.4.5 Controlador Fieldbus

Este controlador es un poderoso componente multifuncional que se integra fácilmente a la plataforma del System 302 de Smar, que incluye la información más actualizada en componentes y programas necesarios para gestionar, monitorear, controlar, mantener y operar la planta.

El controlador DFI302, en completamente autónomo en toda la planta y de alto desempeño para las funciones requeridas por el sistema, ya que con estos necesita muy pocos componentes adicionales

Posee una estrecha integración con dispositivos inteligentes y programas de múltiples fabricantes, debido a la utilización de estándares abiertos, como Foundation Fieldbus y OPC, también se conecta con equipos convencionales a través de los convencionales módulos I/O y Modbus a través de RS232 o comunicación Ethernet y es completamente redundante con protecciones altamente seguras y de fácil conexión, tal como se muestra en la figura 2.12.



Figura 2.12- Red Fieldbus

#### 2.4.6 Sistema de supervisión

El sistema de supervisión a usado es el Process View que es parte del SYSTEM302, el cual proporciona una interface gráfica totalmente configurable por el usuario, que puede ser libremente configurado por el usuario para cumplir con los requisitos específicos de operación de la planta. Opcionalmente se puede solicitar ventanas pre configuradas, alarmas, históricos, etc. para facilitar la interface con el usuario, además es el primer paquete construido con OPC (elimina la duplicación de la bases de datos), Scada y HMI, con conexión a internet totalmente escalable.

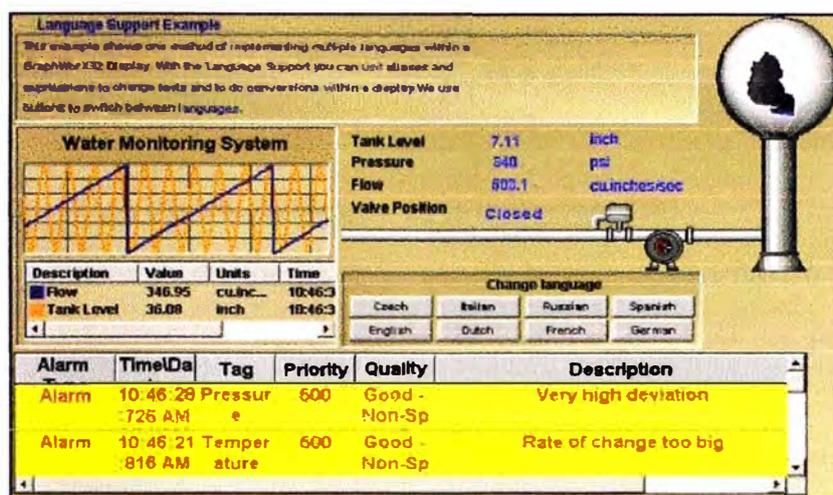


Figura 2.13. Ventana del sistema scada

## 2.5 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN.-

La decisión de inversión de un proyecto supone el compromiso de una serie de recursos actuales con la expectativa de generar unos beneficios futuros. Es un acto mediante el cual se produce el cambio de una satisfacción inmediata y cierta a la que se renuncia, contra una esperanza que se adquiere y de la que el bien invertido es el soporte.

### 2.5.1 Valor actual neto (VAN)

El Valor actual neto ofrece una medida de rentabilidad absoluta del proyecto, establece un criterio diferenciador que selecciona únicamente los proyectos que incrementan el valor total de la empresa, esto es, aquellos cuyo  $VAN > 0$ , además determina una regla de decisión acorde con la suposición de que el objetivo de la empresa es la maximización de valor de mercado de sus acciones, bajo la hipótesis de que en condiciones de certeza, el precio de un activo viene determinado por su valor actual.

$$VAN = -A + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

### **2.5.2 Tasa interna de retorno de la inversión (TIR)**

Tasa interna de retomo (TIR): Es aquella tasa de descuento que al utilizarla para actualizar los flujos Futuros de Ingresos netos de un proyecto de Inversión, hace que su valor presente neto sea igual a cero.

Es decir, la tasa interna de retomo (TIR) es una medida de la rentabilidad de una inversión, mostrando cuál sería la tasa de Interés más alta a la que el proyecto no genera ni pérdidas ni ganancias.

Al comparar la tasa interna de retomo (TIR) con la tasa de interés de mercado se puede disponer de una sencilla regla de decisión. Ella consiste en que se deben realizar todos aquellos proyectos de inversión que posean una tasa interna de retorno (TIR) superior a la tasa de interés.

$$VAN = -A + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+TIR)^t} = 0$$

Donde:

A = Desembolso inicial

CFt = Flujo neto de caja en el periodo t

r = Tasa de descuento que refleja el rendimiento mínimo requerido por la empresa a sus inversiones

n = Vida útil estimada para la inversión

## **CAPÍTULO III**

### **SITUACIÓN ACTUAL**

En este capítulo se presenta la situación actual del proyecto de optimización, como también se proponen diferentes alternativas y su evaluación del retorno de inversión para escoger la mejor opción para el sistema.

El sistema de bombeo de agua a la caldera bagacera, cuenta con dos motobombas eléctricas de 75 m<sup>3</sup>/h que operan continuamente como se muestra en la figura 3.1 y una turbobomba de 150 m<sup>3</sup>/h que se encuentra de reserva desde que inició el proceso de cogeneración como se muestra en la figura 3.2.



Figura 3.1. Motobombas de alimentación de agua



Figura 3.2. Turbobomba de alimentación de agua

### 3.1.1 Característica de las Bombas

Las 2 electrobombas tiene la siguiente característica:

Tabla 2.1. Características de las Electrobombas

Motor		Bomba	
Marca	WEG	Marca	Equipe
N°	OA71592	Modelo	EQD-6-100-24
Ph	3~	Líquido	Agua limpia y desaireada
Frame	355M/L	Peso Especificación	0.938 Kg/dm <sup>3</sup>
kW /Hp	220 / 300	Viscosidad	1.0 CP
V / Hz	550/ 60	Flujo	75 m <sup>3</sup> /h
I	265	NPSH Requerido	4.5 metros
RPM	3580	Tipo de Bomba	Centrifuga
FP	0.93	Lubricación	Aceite
Aislamiento	F	N° Etapas	6
FS	1	Diam. Impulsor	220 mm

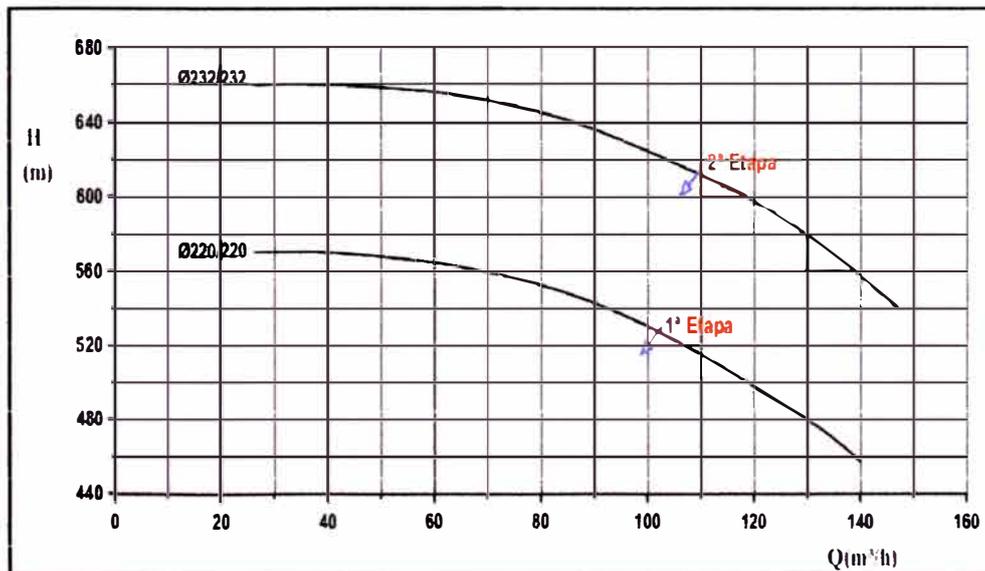


Figura 3.3. Curva característica de la Bomba EQD-6-100-24

La turbobomba tiene la siguiente característica:

Tabla 2.2. Característica de la turbobomba

Turbina		Bomba	
Marca	Texas	Marca	Equipe
Fluido	Vapor	Modelo	EQD-6- 125-26
Presión	600 psig	Líquido	Agua limpia y desaireada
Temperatura	400°C	Peso Especificación	0.938 Kg/dm <sup>3</sup>
Potencia	500 kW	Viscosidad	1.0 CP
Consumo Especifico	16 Kg/kW	Flujo	150 m <sup>3</sup> /h
Presión de Escape	20 psig	NPSH Requerido	6.0 metros
Velocidad	3500 Rpm	Tipo de Bomba	Centrífuga
Lubricación	Aceite	Lubricación	Aceite
N° de Rodetes	2	N° Etapas	6
		Diam. Impulsor	240 mm

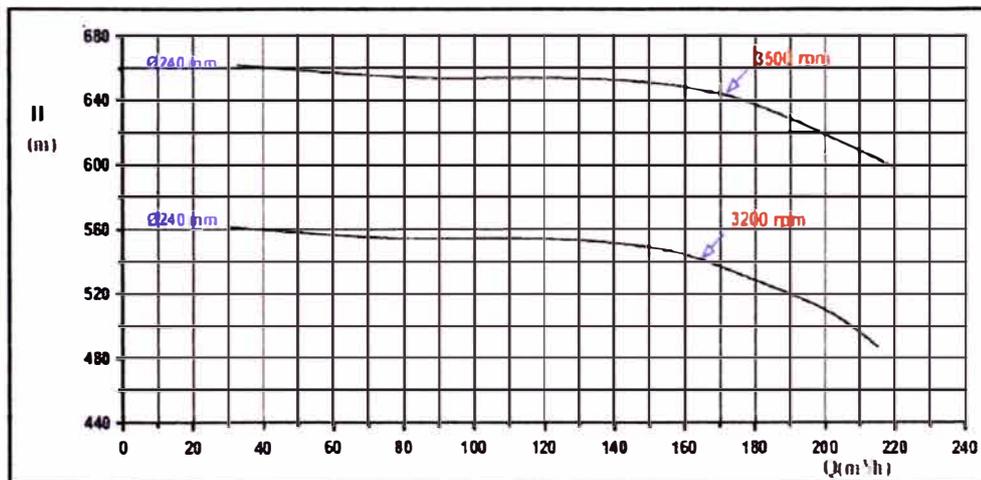


Figura 3.4. Curva característica de la bomba EQD-6-125-26

### 3.1.2 Consumo eléctrico de las Bombas

Para analizar el consumo eléctrico de cada bomba eléctrica se registró con un analizador de redes el comportamiento en el tiempo de las motobombas, mostrando en la figura 3.5 la tendencia de la bomba N°1 con un promedio 205.18 kW y en la figura 3.6 la tendencia de la potencia de la bomba N°2 con una potencia promedio de 206.93 kW, medido en diferentes horarios, ya que solo se contaba con un solo analizador de redes, durante las horas de muestreo se registro un promedio de 108.34 m<sup>3</sup>/h de agua que ingreso a la caldera.

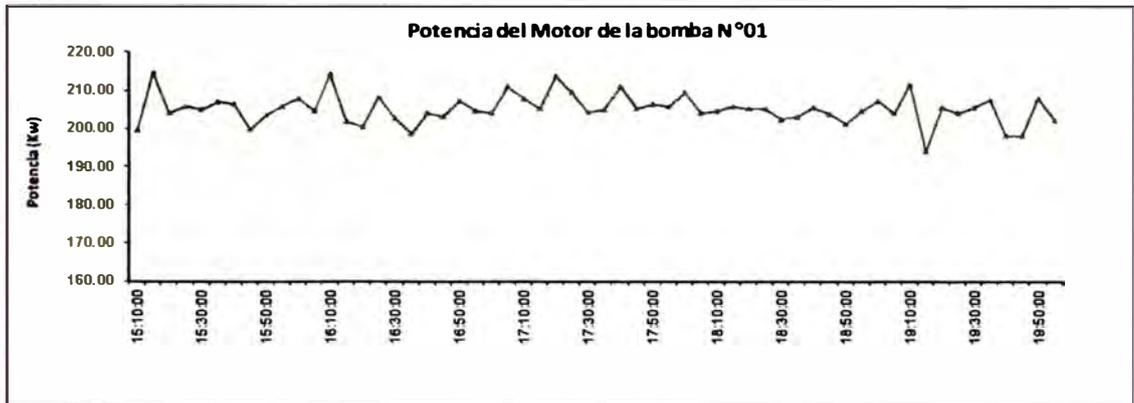


Figura 3.5. Registro de potencia consumida por el motor de la bomba N°1

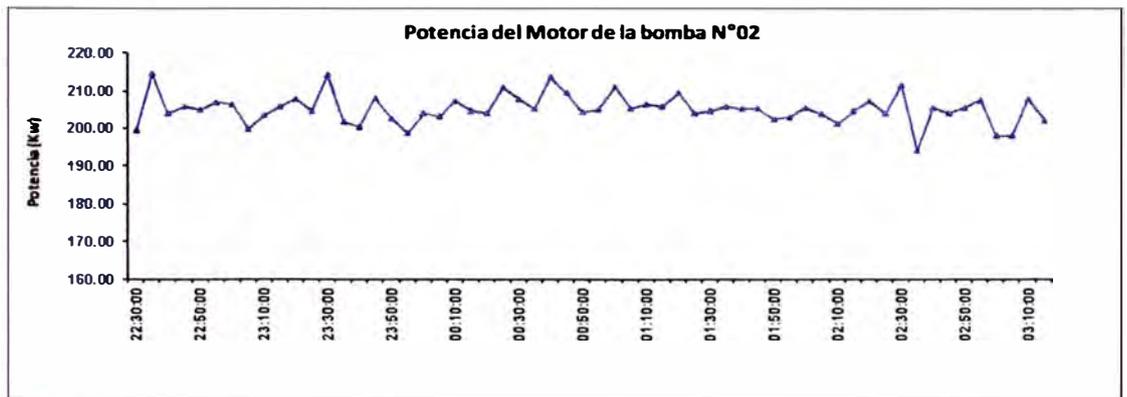


Figura 3.6. Registro de potencia consumida por el motor de la bomba N°2

### 3.1.3 Consumo térmico y costo operativo de la turbobomba

La turbobomba es un equipo que se usa de *stand by*, debido a que su uso limita la generación de energía eléctrica a través del turbogenerador, y con ello incrementa el castigo por no llegar a la energía contratada.

Analizando el consumo para un flujo promedio de  $105 \text{ m}^3/\text{h}$  de agua de alimentación para la caldera, se tiene:

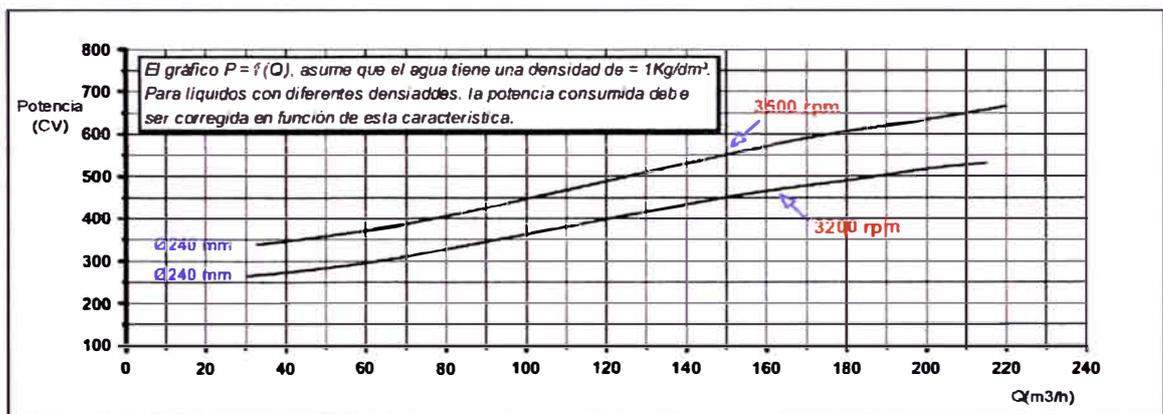


Figura 3.7. Curva de potencia de la bomba EQD-6-125-26

$$P_{Bomba@105\text{m}^3/\text{h}} = 460\text{cv} * \frac{0.7355\text{Kw}}{\text{cv}} * \frac{0.9604\text{kg}/\text{dm}^3}{1\text{kg}/\text{dm}^3}$$

$$P_{Bomba@105\text{m}^3/\text{h}} = 324.9 \text{ Kw}$$

$$P_{eje \text{ de la turbina}} = \frac{P_{Bomba}}{\eta_{transmisión}}$$

$$P_{eje \text{ de la turbina}} = \frac{324.9 \text{ Kw}}{0.95}$$

$$C_{vapor} = P_{eje \text{ de la turbina}} * C_{específico}$$

$$C_{vapor} = 342.03 \text{ Kw} * 16 \text{ Kg}/\text{Kw}$$

$$C_{vapor} = 5,472 \text{ Kg de vapor}$$

El turbogenerador tiene un consumo específico de 6.8 Kg/ kW en bornes del generador, por lo tanto se deja de generar cuando funciona la turbobomba un promedio de:

$$P_{\text{Generador}} = C_{\text{vapor}} / C_{\text{especificoTG}}$$

$$P_{\text{Generador}} = \frac{5,472 \text{ Kg}}{6.8 \text{ Kg/Kw}}$$

$$P_{\text{Generador}} = 804.7 \text{ Kw}$$

Las electrobombas consumen un promedio de 412 Kw y el costo de compra de la energía es \$US 0.070/Kwh, que al año sería un promedio de \$US 221,491.20; mientras que al operar la turbobomba se deja de generar alrededor de 804.7 Kw en bornes del turbogenerador, que equivale al año una pérdida de \$US 554,742.29, debido a que el precio de venta de energía es de \$US 52.00 si se genera 1,150 Gwh-Año

## **CAPÍTULO IV**

### **PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN**

La propuesta de optimización se basa en el remplazo de uno de los motores de las bombas EQD-6-100-24 de alimentación de agua a la caldera, por un motor de mayor potencia, esto debido a que las bombas que se tienen pueden ampliarse en su capacidad de bombeo, con el cambio de tamaño de los rotores.

#### **4.1.1 Estimación de la pérdida de presión en la línea**

A continuación se muestra en la figura 4.1 el esquema de recorrido del fluido desde el desaireador hasta el ingreso del domo superior de la caldera, la cual contiene en dicho recorrido, válvulas compuertas, válvulas globos, válvula check, codos, válvula de control, reducciones, etc.

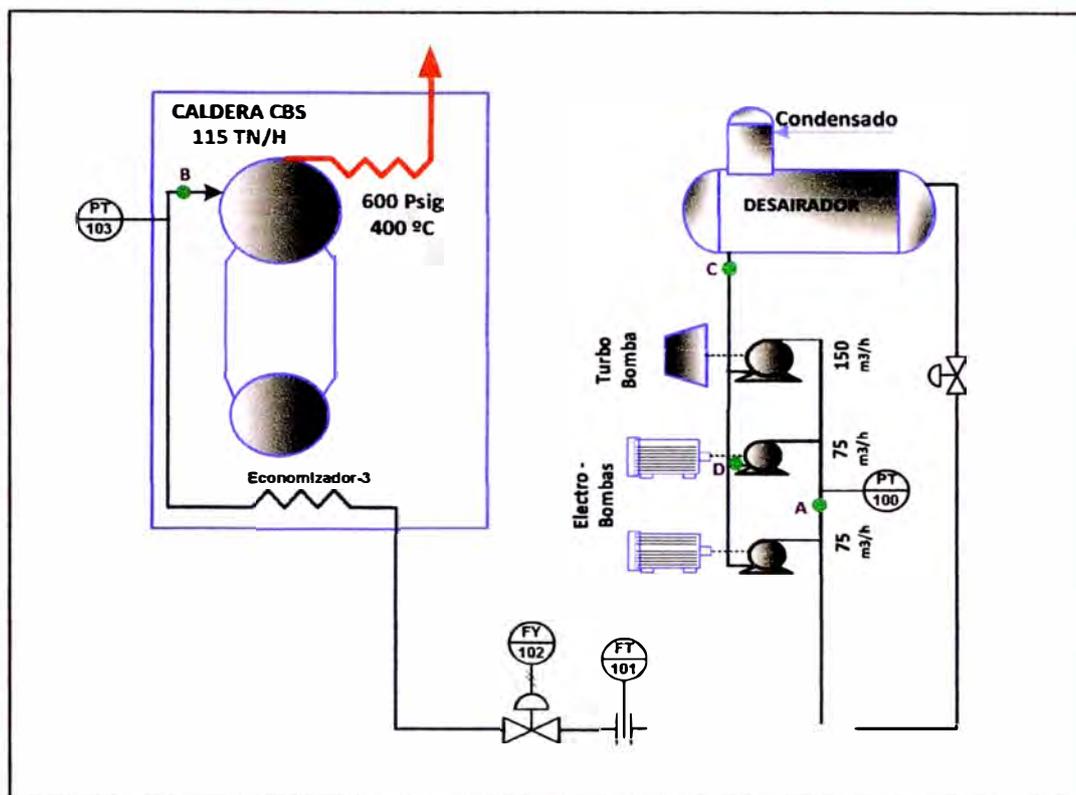


Figura 4.1. Esquema de recorrido desde el desaireador hasta el domo superior

Para realizar la estimación de la pérdida de presión para un flujo máximo de  $120 \text{ m}^3/\text{h}$ , se tomó mediciones a diferentes condiciones, operando con las electrobombas con su impulsor de 220 mm, desde el punto A al punto B, como la presión, flujo de agua, temperatura, manteniendo la válvula de control completamente abierta (100%), tal como se observa en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Condiciones de Operación a diferentes flujos

Flujo ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	$P_A$ (Barg.)	$T_A$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$P_B$ (Barg.)	$T_B$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	Válvula control (%)
132.55	55.46	100.9	42.93	179.4	100
130.34	55.18	100.8	42.69	172.4	100
146.78	53.66	100.8	40.57	160.8	100
135.80	54.03	100.8	41.32	170.3	100

Aplicando la Primera ley de la termodinámica, para un volumen de control desde el punto A al punto B, se tiene:

$$P_A + \rho_A \frac{v_A^2}{2} + g \cdot \rho_A \cdot Z_A + Q_{A-B} =$$

$$W_{A-B} + P_B + \rho_B \frac{v_B^2}{2} + g \cdot \rho_B \cdot Z_B + \sum_{i=1}^n K_{i-friccton} \rho \frac{v_i^2}{2} \dots (I)$$

$$P_A - P_B = \left( \rho_B \frac{v_B^2}{2g} - \rho_A \frac{v_A^2}{2g} \right) + (g \cdot \rho_B \cdot Z_B - g \cdot \rho_A \cdot Z_A) + (W_{A-B} - Q_{A-B}) +$$

$$\sum_{i=1}^n K_{i-friccton} \rho \frac{v_i^2}{2} \dots (I)$$

$$P_A - P_B = \left( \rho_B \frac{v_B^2}{2} - \rho_A \frac{v_A^2}{2} \right) + (g \cdot \rho_B \cdot Z_B - g \cdot \rho_A \cdot Z_A) + (W_{A-B} - C_e \cdot (T_B - T_A)) +$$

$$\sum_{i=1}^n K_{i-friccton} \rho \frac{v_i^2}{2g} \dots (I)$$

$$DP = P_A - P_B \dots (II)$$

$$\sum_{i=1}^n K_{i-friccton} \rho \frac{v_i^2}{2g} = K \cdot Flujo^2 \dots (III)$$

$$\rho_B \frac{v_B^2}{2} - \rho_A \frac{v_A^2}{2g} = 0 \dots (IV)$$

$$W_{A-B} = 0 \dots (V)$$

$$Z_T = (g \cdot \rho_B \cdot Z_B - g \cdot \rho_A \cdot Z_A) - C_e \cdot (T_B - T_A) = Cte \dots (VI)$$

Reemplazando II, III, IV, V, VI en I

$$DP = K \cdot Flujo^2 + Z_T \dots (VII)$$

Donde:

P: Presión estática del fluido (Pa)

$\rho$  Densidad del fluido (Kg/m<sup>3</sup>)

g: Gravedad (m/s<sup>2</sup>)

V: Velocidad del Fluido (m/s)

Z: Altura (m)

Q: Calor Transferido al fluido (w/Kg)

W: Trabajo realizado por el fluido (w/Kg)

Ce: Calor específico del fluido (w/(kg.°C))

Para hallar la pérdida de presión para un flujo máximo de 120 m<sup>3</sup>/h, se realizará por regresión cuadrática, con error cuadrático medio, con la siguiente ecuación:

$$K \cdot \sum_{i=1}^n \text{Flujo}_i^4 + Z_T \sum_{i=1}^n \text{Flujo}_i^2 = \sum_{i=1}^n \text{Flujo}_i^2 \cdot DP \dots \text{(VIII)}$$

$$K \cdot \sum_{i=1}^n \text{Flujo}_i^2 + Z_T \cdot n = \sum_{i=1}^n DP \dots \text{(IX)}$$

En base a la tabla 4.2 se puede obtener los resultados de la tabla 4.3

Tabla 4.2

Item	Flujo (m <sup>3</sup> /h)	DP=P <sub>A</sub> -P <sub>B</sub> (Barg)	Flujo <sup>2</sup>	Flujo <sup>4</sup>	Flujo <sup>2</sup> .DP
1	132.55	12.53	17,569.50	308,687,418.10	220,145.87
2	130.34	12.49	16,988.52	288,609,662.29	212,186.56
3	146.78	13.09	21,544.37	464,159,809.75	282,015.78
4	135.80	12.71	18,441.64	340,094,085.89	234,393.24
<b>Σ</b>	<b>545.47</b>	<b>50.82</b>	<b>74,544.03</b>	<b>1,401,550,976.03</b>	<b>948,741.45</b>

Reemplazando los valores en la ecuación VIII y IX, se obtiene:

$$1,401,550,976.03K + 74,544.03Z_T = 948,741.45 \dots \text{(X)}$$

$$74,544.03K + 4Z_T = 50.82 \dots \text{(XI)}$$

Resolviendo la ecuación X y XI, y reemplazando en VII se obtiene que:

$$DP = 0.000134402 \text{Flujo}^2 + 10.2 \dots \text{(XII)}$$

Para un flujo máximo de 120 m<sup>3</sup>/h se obtiene un DP=12.14 Bar y para un flujo promedio de 105 m<sup>3</sup>/h se tiene un DP=11.68 Bar, a partir de la ecuación XII, se obtiene la curva representada en la figura 4.2.

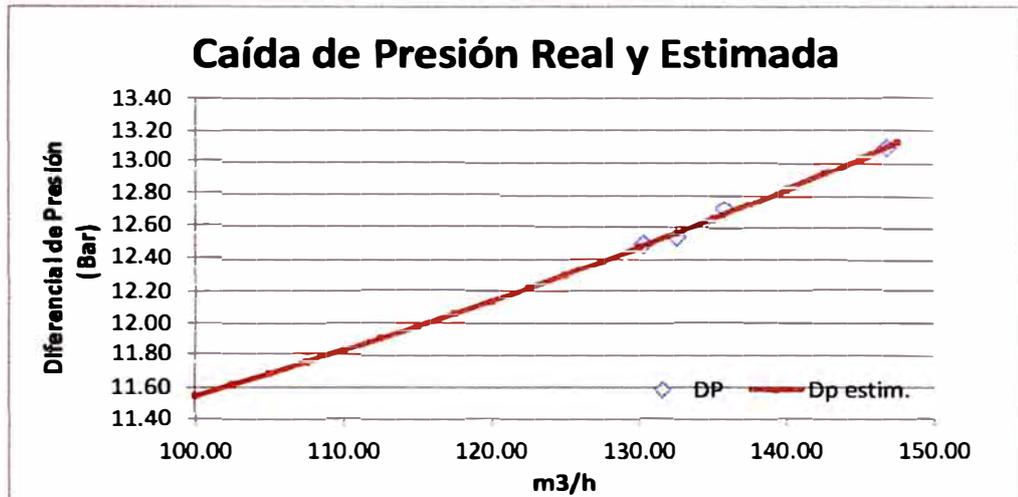


Figura 4.2. Caída de presión real y estimada

Por lo tanto, la presión en el punto A para un flujo máximo será  $P_A=55.24$  Barg, cuando el domo se encuentre operando a su presión nominal de 43.1 Barg. de presión ( $P_B$ ).

#### 4.1.2 Evaluación del punto de operación de la bomba.

A continuación se muestra la curva característica de la bomba EQD-6-100-24 con el nuevo rotor propuesto de 232 mm y se hallará el punto de operación de la bomba para un flujo promedio de bombeo de 105 m<sup>3</sup>/h y un flujo máximo de 120m<sup>3</sup>/h, además se presenta como referencia el punto de operación actual con su impulsor de 220 mm que opera con un máximo de 75 m<sup>3</sup>/h.

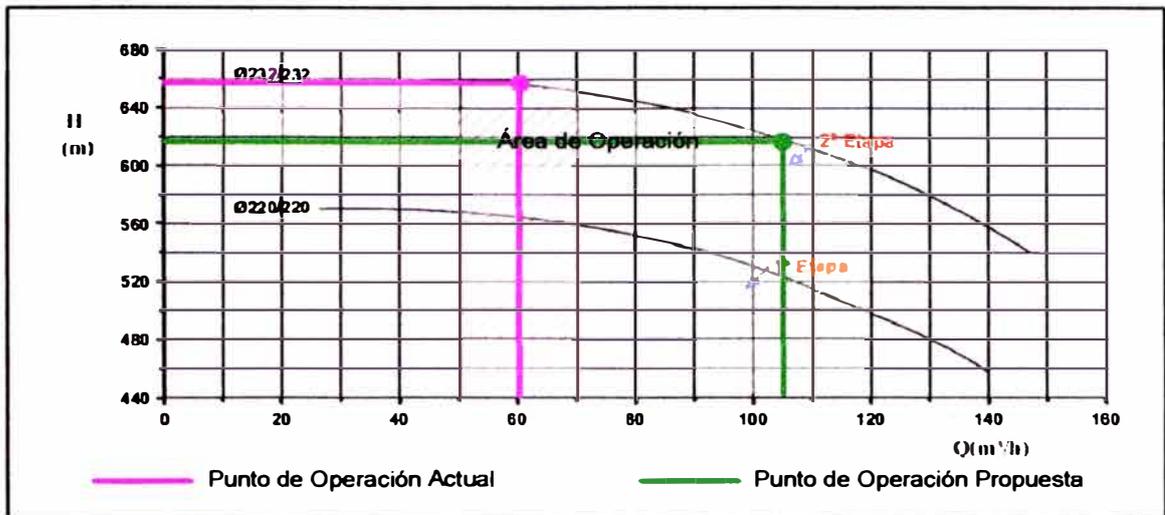


Figura 4.3. Cabeza de operación de la bomba EQD-6-100-24

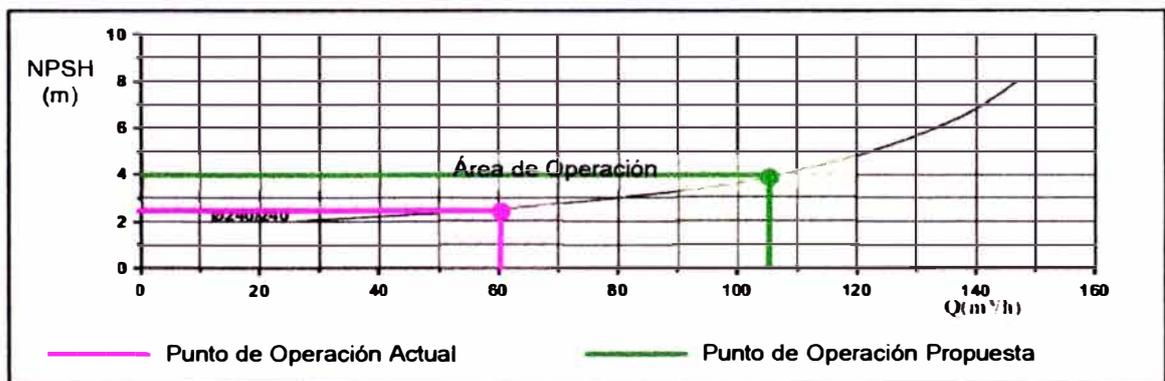


Figura 4.4. NSPH de operación de la bomba EQD-6-100-24

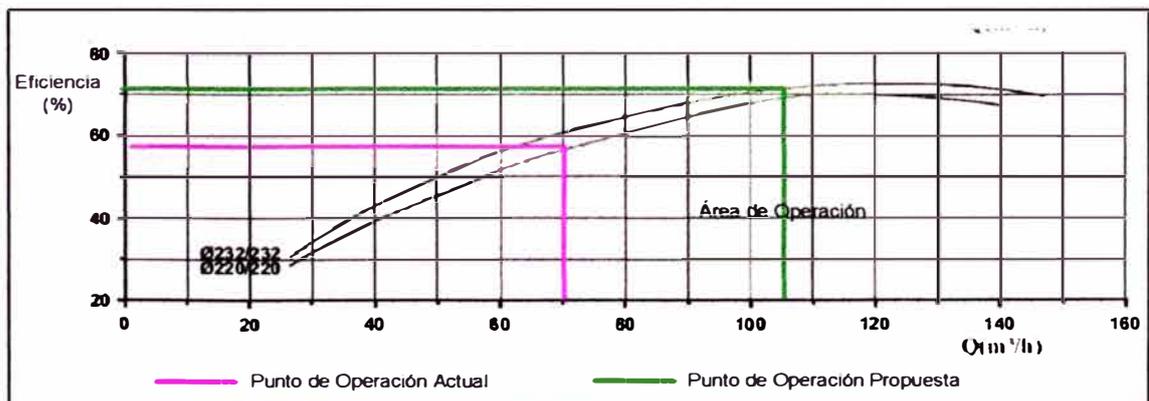


Figura 4.5. Eficiencia de operación de la bomba EQD-6-100-24

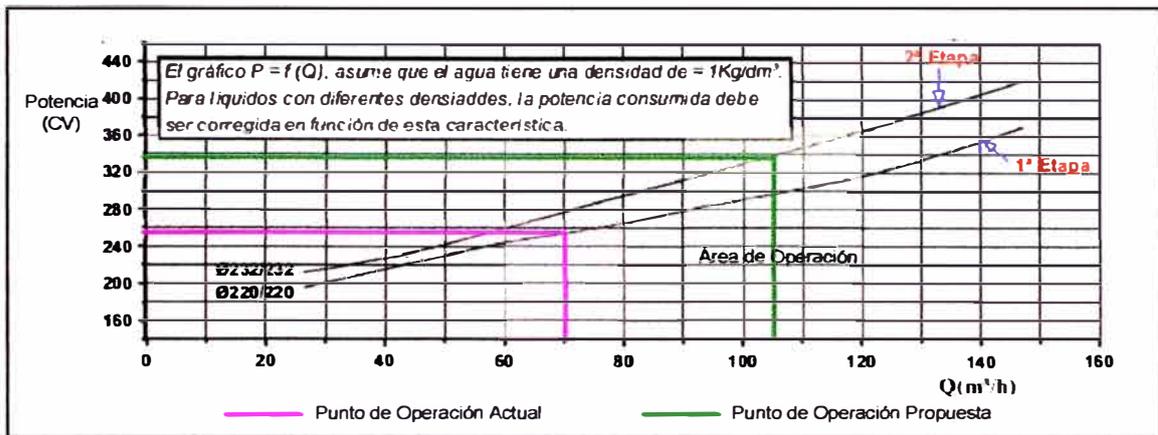


Figura 4.6. Potencia de operación de la bomba EQD-6-100-24

En base a la curva característica de la bomba EQD-6-100-24, se puede hallar los valores requeridos para la operación un punto de operación promedio y el máximo y evaluar si cumple con el sistema que se tiene en planta.

Tabla 4.3 Valores de los puntos de operación

Punto de operación	Q=105 m <sup>3</sup> /h	Q <sub>máx</sub> =120 m <sup>3</sup> /h
Altura (m)	618	600
NSPH (m)	4	4.8
Eficiencia (%)	71	72
Potencia (CV)	338	362

La densidad para la presión de 55.24 Barg. a una temperatura de 100.8°C es de 960.399Kg/m<sup>3</sup>, por lo tanto la altura máxima necesaria para alcanzar los 120 m<sup>3</sup>/h será de :

$$H_A = \frac{P_A}{g \cdot \rho_A} \quad H_{Amax} = \frac{56.24 \cdot 10^5 Pa}{9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 960.40 \frac{Kg}{m^3}} \quad H_{Amax} = 596.89 m$$

En base a los resultados hallados se puede concluir que el nuevo rotor de 232 mm cumple con para bombear al sistema como máximo 120 m<sup>3</sup>/h.

Entonces la potencia consumida por el motor en promedio y máxima será:

$$P_{Bomba@105m^3/h} = 338cv * \frac{0.7355Kw}{cv} * \frac{0.9604kg/dm^3}{1kg/dm^3}$$

$$P_{Bomba@105m^3/h} = 238.76 Kw$$

$$P_{Bomba@120m^3/h} = 362cv * \frac{0.7355Kw}{cv} * \frac{0.9604kg/dm^3}{1kg/dm^3}$$

$$P_{Bomba@120m^3/h} = 255.70 Kw$$

$$P_{Motor} = \frac{P_{Bomba}}{\eta_{motor} * \eta_{transmisión}}$$

$$P_{Motor@105m^3/h} = \frac{238.76}{0.96 * 0.95} = 273.18 Kw$$

$$P_{Motor@120m^3/h} = \frac{255.70}{0.96 * 0.95} = 292.56 Kw$$

## **CAPÍTULO V**

### **EVALUACIÓN DEL RETORNO DE LA INVERSIÓN**

Para la evaluación del retorno del capital, se tiene en consideración las siguientes premisas:

#### **5.1.1 Tasa de interés**

La tasa de interés considerada es de 12%, ya que es el valor que usa la empresa para evaluar sus proyectos.

#### **5.1.2 Ahorro de energía**

Se considera la diferencia de energía del nuevo motor operando a un régimen promedio de 105 m<sup>3</sup>/h y la suma de la energía consumida por los motores actuales.

\*Consumo de los motores actuales: 205.18 kW + 206.93 kW = 412.11 kW

\*Consumo propuesto del nuevo motor: 300.50 kW (se consideró una variación de 10% adicional, debido a la variación de la carga y pérdida de la eficiencia mecánica a lo largo del tiempo).

#### **5.1.3 Inversión**

Dentro las inversiones se considera el motor de 300 kW, un arrancador suave para dicha capacidad, cableado, obras civiles y accesorios

adicionales, cuyos precios de referencia del motor y del arrancador suave se encuentran en los anexos.

Ítem	Descripción	Cantidad	Valor
1	*Motor	1 Jgo	S/. 106,435.72
2	*Arrancador suave	1 Jgo	S/. 61,192.49
3	*Cambio de Impulsores de la Bomba	1 Jgo	S/. 22,446.00
4	*Obras civiles	1 Jgo	S/. 13,400.00
5	*Servicios, Otros	1 Jgo	S/. 52,200.00
<b>Total:</b>			<b>S/. 255,674.22</b>

#### 5.1.4 Precio de compra de la Energía

El costo promedio de la energía activa a la cual compra la empresa es de S/ 189.33 por Mwh, la cual incluye los costos de potencia, energía y peajes, entre los principales costos.

### 5.1.5 Cálculo de la tasa de retorno y el valor actual neto

Año	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Días de Operación		320	320	320	320	300	320	320	320	320	290	320	320	320	320	300
Ahorro de Energía (Mwh)		857.19	857.19	857.19	857.19	857.19	857.19	857.19	857.19	857.19	857.19	857.19	857.19	857.19	857.19	857.19
Ahorro de Energía (\$/.)		162,292	162,292	162,292	162,292	162,292	162,292	162,292	162,292	162,292	162,292	162,292	162,292	162,292	162,292	162,292
<b>Inversión (\$/.)</b>																
*Motor	-106,436															
*Arrancador suave	-61,192															
*Cambio de Impulsores	-22,446															
*Obras civiles	-13,400															
*Servicios, Otros	-52,200															
Neto (\$/.)	-255,674	162,292	162,292	162,292	162,292	162,292	162,292	162,292	162,292	162,292	162,292	162,292	162,292	162,292	162,292	162,292
TIR	63%															
VAN(\$/.)	758,635															

La tasa de retorno interna hallada es de 63% mucho mayor que los 12 % considerado por lo empresa para comparar si el proyecto es factible, por lo tanto se considera que el proyecto es rentable para la organización.

**CAPITULO VI**  
**INICIACIÓN DEL PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN SEGÚN**  
**EL PMBOK**

**6.1 ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO**

CONTROL DE VERSIONES					
Versión	Hecha por	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Motivo
1.0	JE	ER	LH	13/07/2012	Versión Original

**ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO**

<b>Nombre del proyecto</b>	<b>Siglas del proyecto</b>
OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA DE LA CALDERA CBS-115TN/H DE LA CENTRAL TÉRMICA PARAMONGA I.	OPSISBOM
<b>Descripción del Proyecto</b>	
<p>El proyecto OPSISBOM consiste en el reemplazo de un motor de 220kW, por uno de 300 kW como accionamiento de una bomba de alimentación de agua, para una caldera de 42 Barg de la central de cogeneración, para que el sistema trabaje con un solo conjunto de bombeo y no dos como se viene usando.</p> <p>El proyecto será desarrollado por el área de Proyecto de la misma empresa, a cargo el Gerente de proyecto el Ing. Efraín Salas Valverde, quien tendrá el apoyo de su asistente Ing. Maribell Gamero y las coordinaciones en planta lo realizará con el Sr. Jorge Espinoza Caballero</p> <p>El proyecto tendrá como fecha inicial el 20 de Octubre del 2012 hasta el 18 de Enero del 2013 y será financiado directamente por la empresa.</p>	
<b>Definición del producto del proyecto</b>	
<p>Ahorrar 27 % del consumo eléctrico, y los costos asociados al mantenimiento, ya que solo trabajará una sola bomba en vez de dos</p>	

**Definición de requisitos del proyecto**

Sponsor (Gerencia General): Respetar los requerimientos del cliente en el plazo acordado y obtener el ahorro esperados

Cliente (Central Cogeneración): Que el motor sea de fácil mantenimiento, de alta eficiencia y que sea del mismo frame que el anterior motor, que los equipos a instalar sean de la misma tecnología de los equipos anteriores o superior.

**Objetivos del proyecto**

Concepto	Objetivos	Criterio de Éxito
1. Alcance	Cumplir con la elaboración de entregables: Gestión del proyecto, manuales de operación y mantenimiento de los equipos.	Aprobación de todos los entregables para el cliente
2. Tiempo	Concluir el proyecto en el plazo solicitado.	Concluir del proyecto en 90 días
3. Costo	Cumplir con el presupuesto estimado del proyecto en S/. 255,674.22	No exceder el presupuesto del proyecto en más del 5%

**Finalidad del proyecto**

Disminuir el gasto del consumo de energía de la central de cogeneración

**Justificación del proyecto**

Justificación Cualitativa	Justificación Cuantitativa
Disminuir el mantenimiento	Flujo de egresos
Aumentar la confiabilidad de la cogeneración	TIR

**Designación del director del proyecto**

Nombre:	EF	Niveles de autoridad
Reporta a:	JL	Exigir el cumplimiento de los entregables
Supervisa a :	AC/CN/MF	

**Cronograma de hitos del proyecto**

Hitos o eventos significativos	Fecha programada
Inicio del proyecto	sábado, 00 de enero de 1900
1. Gestión del proyecto	Del 20 de octubre de 2012 al 18 de Enero del 2013
2. Solicitudes de compra	Del 02 al 22 de noviembre del 2012
3. Contratos	Del 15 de noviembre al 12 diciembre del 2012
Fin del proyecto	sábado, 00 de enero de 1900

<b>Principales amenazas del proyecto</b>
--

-Que el proyecto demore más tiempo de lo previsto.
--

<b>Principales oportunidades del proyecto</b>
---

-Permitirá analizar otros sistemas de bombeo , para ver si se puede optimizar otros sistemas
--

<b>Presupuesto preliminar del proyecto</b>
--

Concepto		Monto S/.
1. Personal	Personal de Proyecto	14,636.16
2. Equipos	Motor	106,435.72
3. Materiales	Materiales	70,638.49
4. Servicios de Instalación	Servicios mecánicos, eléctricos, civiles si son necesarios	27,700.00
5. Otros costos	Impresiones, transporte, otros	6,850.00
<b>Total de línea Base</b>		<b>226,260.37</b>
6. Reserva de Contingencia		18,100.83
7. Reserva de Gestión		11,313.02
<b>Total de presupuesto</b>		<b>255,674.22</b>

<b>Sponsor que autoriza el proyecto</b>			
---	--	--	--

Nombre	Empresa	Cargo	Fecha
José Laca	Agro Industrial Paramonga S.A.A	Gerente General	

## 6.2 ALCANCE DEL PROYECTO

CONTROL DE VERSIONES					
Versión	Hecha por	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Motivo
1.0	JE	ER	LH	13/07/2012	Versión Original

### ENUNCIADO DEL ALCANCE DEL PROYECTO

Nombre del proyecto	Siglas del proyecto
OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA DE LA CALDERA CBS-115TN/H DE LA CENTRAL TÉRMICA PARAMONGA I.	OPSISBOM

Descripción del alcance del producto	
Requisitos	Características
1. El motor funcione acoplado a una de las bombas de alimentación de agua, hasta su capacidad máxima instalada.	1. El color de la estructura tendrá que ser azul naval
2. La base y el accionamiento del motor de 300 kW debe estar preparada para instalar el motor antiguo de 220 kW como un equipo de <i>stand by</i> con el mínimo de recursos.	2. La estructura tendrá que ser realizada con material ASTM A-36
3. La tecnología a usar, sea la misma o mejor a la actual	3. Comunicación Profibus DP
4. El control del motor deberá ser en modo local y remoto desde el sistema scada del caldero CBS	4. El swich deberá tener 3 posiciones

Criterio de aceptación del producto	
Conceptos	Criterio de aceptación
1. Técnico	Los niveles de vibración de la electrobomba , se encuentren en excelente
2. De calidad	Testear los disparos por sobrecarga y cortocircuito del motor Se debe lograr un nivel de aceptación del 80% del usuario
3. Administrativos	Todos los entregables deben estar aprobados por el gerente de proyectos

Entregables del proyecto	
Escopo del Proyecto	Productos Entregables
1.0 Gestión del Proyecto	Proyecto gestionado
2.0 Contratos	Contratos de la instalación del motor
3.0 Test de Prueba	Informe de Teste de Pruebas sin y con carga

Exclusiones del proyecto
1. No se realizará el mantenimiento de la bomba de agua

Restricciones del proyecto	
Internos a la organización	Ambientales o Externos a la Organización
Los entregables deberán ser entregados al finalizar el test de prueba con carga	Todos los contratos serán pagados después de 30 días de la conformidad de la obra
El presupuesto del proyecto no podrá exceder mas 15%	
Los contratos deberán pasar por el área de legal	

Supuestos del proyecto	
Internos a la organización	Ambientales o Externos a la Organización
El motor deberá ser de alta eficiencia	Los proveedores son responsables
El motor es el más adecuado para que trabaje con la bomba	

## **CONCLUSIONES**

1. Se puede concluir que la propuesta de optimización planteada reduce los costos operativos en por lo menos 27%, que corresponde al ahorro de consumo de eléctrico de 111.61Kw, que al año representa un aproximado de S/. 162,292.00.
2. La propuesta de optimización planteada presenta una excelente tasa interna de retorno de 63%, la cual hace viable al proyecto, con un tiempo de retorno de la inversión menor a 2 años.
3. La estimación de la caída de presión de la línea, posee un error cuadrático medio igual a 0.00102, de lo cual se puede concluir que la caída de presión de la línea está al cuadrado del flujo de agua de alimentación a la caldera más una constante que es representada básicamente por la altura.
4. La bomba EQD-6-100-24 planteada, satisface el requerimiento del consumo promedio para la planta de 105 m<sup>3</sup>/h y hasta un máximo de 120 m<sup>3</sup>/h, por la cual no existiría ninguna limitación en su funcionamiento operacional.
5. Con la operación del nuevo motor el sistema de bombeo se hará más confiable para la operación de la central de generación.

## **RECOMENDACIONES**

Evaluar la reducción de costo por mantenimiento, ya que habrá menos equipos en funcionamiento porque solo trabajara una de las dos electrobombas.

Se puede evaluar otras propuestas de optimización en otras partes de la planta, como puede ser en el sistema de recirculación de la torre de enfriamiento de 3000 m<sup>3</sup>/h.

Se recomienda que el proyecto se apruebe en el más corto plazo, para obtener los beneficios económicos planteados.

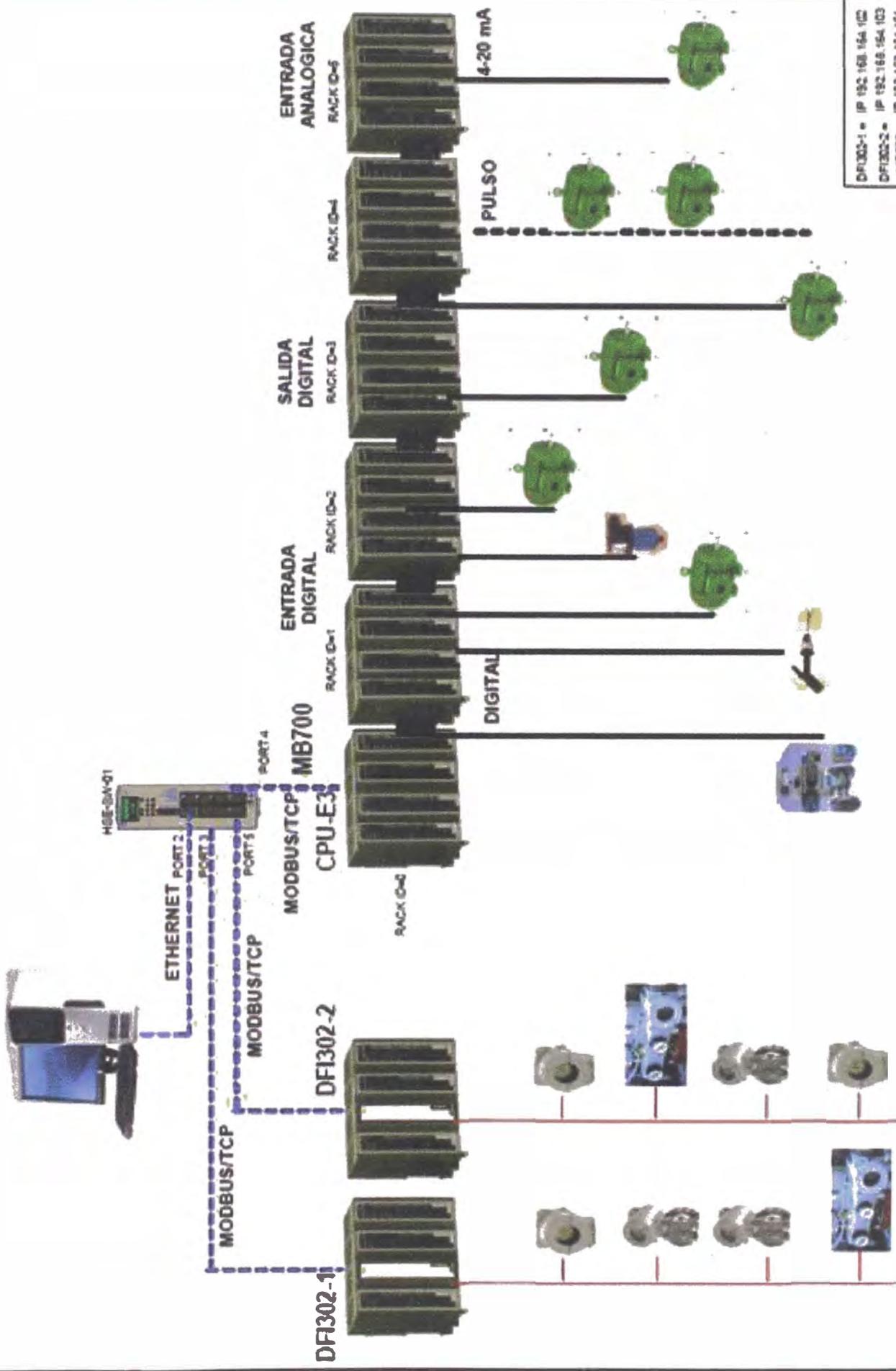
## BIBLIOGRAFÍA

1. Frederick A. Meier and Clifford A. Meier, Instrumentation and Control Systems Documentation, Second Edition, 2004 . [S5.1 y S5.3]
2. Monica Talledo Jimenez PMI MemberID: 1352929, Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PmBok), cuarta edición, 2008. [Cap. 4 y Cap. 5]
3. Dharma consulting. Gestión de proyectos, Formatos. [http://www.dharmacon.net/site/index.php?option=com\\_docman&Itemid=12](http://www.dharmacon.net/site/index.php?option=com_docman&Itemid=12).
4. Equipe Industrial Mecanica LTDA, Propuesta Técnica nº B-83.562 de 10/6/2005. Manual de operación. [Pag.1 y Pag.2]
5. Equipe Industrial Mecanica LTDA, Propuesta Técnica nº B-83.457 de 1/6/2005. Manual de operación. [Pag.1 y Pag.2]
6. Anthony Lawrence Kohan. Manual de Calderas, Volumen I, McGrawHill, segunda edición 2000.[Cap.2 y Cap.3]
7. Gonzalo Rodríguez Guerrero. Operación de calderas Industriales, segunda edición. 2003.[Cap.3]
8. Munsun Young Okiishi, Fundamentos de mecánica de fluidos. Editorial Limusa Wiley, primera edición, 1999.[Cap.8]
9. Crane, Flujo de fluidos en válvula, accesorios y tuberías. Editorial McGRAW-HILL.[Cap.3]

10. Ing. Ariel R. Marchegiani, Maquinas hidráulica, bombas centrifugas. Universidad Nacional Del Comahue  
<http://fainweb.uncoma.edu.ar/La.M.Hi/textos/Maquinas%20hidraulicas/BOMBAS.PDF> [Pag.10-Pag.19]
11. Business news America. Sector Energía. Marzo 2012  
<http://www.bnamericas.com/news/energiaelectrica/cpfl-ve-con-optimismo-futuro-de-crecimiento-de-energia-verde>
12. Smar Industrial Automation. Proyecto de automatización de la caldera de 115 Tn/h, OS-2006/01339
13. Smar Industrial Automation. Operation and Maintenance Fieldbus Pressure Transmitter LD302 <http://www.smar.com/en/products/Pressure-Transmitter/LD300Series.asp>
14. Smar Industrial Automation. Programmer controller LC700.  
<http://www.smar.com/en/products/lc700-module.asp>
15. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ingeniería. Cátedra Instrumentación y comunicaciones industriales.  
[www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/Medicion\\_de\\_Caudal.pdf](http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/Medicion_de_Caudal.pdf) [Cap1 (Pág. 9)]
16. J.Lejarza e I.Lejarza. Regresion. Universidad de Valencia.  
<http://www.uv.es/ceaces/pdf/regre.pdf>
17. Otero Rodríguez, Jorge. Economía Financiera de la empresa. Universidad Autonoma de Madrid.[Tema 1].  
[http://www.uam.es/personal\\_pdi/economicas/jotero/apuntes/EEF/EEF-Tema\\_1.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/economicas/jotero/apuntes/EEF/EEF-Tema_1.pdf)

18. Dr. Hugo Salinas Pérez. Modelo de Regresión. Universidad de Atacama, departamento de matemática.
19. <http://www.mat.uda.cl/hsalinas/cursos/2007/clase10.pdf>
20. WEG Electric Corp. Catalogo Técnico mercado latinoamericano de motores trifásicos. <http://www.weg.net/w22/index-es.php?market.pdf>  
[pag.6 y pag.57]
21. Siemens. Lista de Precios, 2011.  
[http://www.siemens.com.co/SiemensDotNetClient\\_Andina/medias/PDFS/7FS/70.pdf](http://www.siemens.com.co/SiemensDotNetClient_Andina/medias/PDFS/7FS/70.pdf) [Pag.8]

**ARQUITECTURA DEL SISTEMA  
DE CONTROL DE LA CALDERA  
CBS**

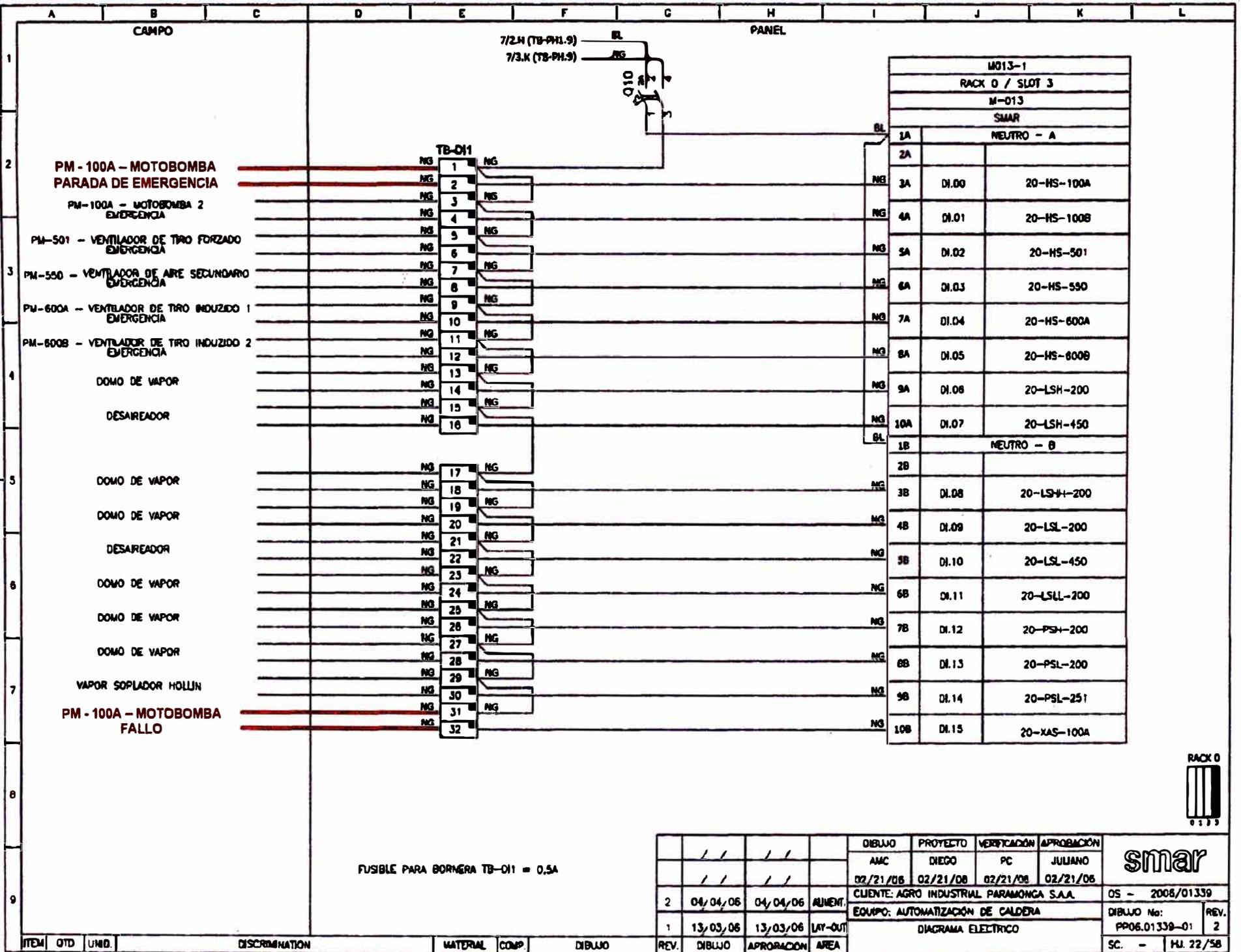


- DFI302-1 = IP 192.168.164.102
- DFI302-2 = IP 192.168.164.103
- MB700 = IP 192.168.164.104
- CCUP = IP 192.168.164.105

CLIENT: AGRO-INDUSTRIAL PARAMONICA		PROJECT: CALDERA PARAMONICA	
PROJECT: (Modificación)		DRAWING NUMBER: 1	
DATE: 03/08/2010	DESIGNED: GUY	DATE: 03/08/2010	DESIGNED: GUY
SCALE: 1:1	REVISIONS:	SCALE: 1:1	REVISIONS:

Continúa en Lámina 02

**DIAGRAMA ELÉCTRICO DE  
CONTROL DE LA MOTOBOMBA  
DE AGUA DE ALIMENTACIÓN 1**



- CAMPO**
- PM - 100A - MOTOBOMBA PARADA DE EMERGENCIA
  - PM-100A - MOTOBOMBA 2 EMERGENCIA
  - PM-501 - VENTILADOR DE TIRO FORZADO EMERGENCIA
  - PM-550 - VENTILADOR DE AIRE SECUNDARIO EMERGENCIA
  - PM-600A - VENTILADOR DE TIRO INDUZIDO 1 EMERGENCIA
  - PM-800B - VENTILADOR DE TIRO INDUZIDO 2 EMERGENCIA
  - DOMO DE VAPOR
  - DESAREADOR
  - DOMO DE VAPOR
  - DOMO DE VAPOR
  - DESAREADOR
  - DOMO DE VAPOR
  - VAPOR SOPLADOR HOLLIN
  - PM - 100A - MOTOBOMBA FALLO

**TB-011**

1	NG
2	NG
3	NG
4	NG
5	NG
6	NG
7	NG
8	NG
9	NG
10	NG
11	NG
12	NG
13	NG
14	NG
15	NG
16	NG
17	NG
18	NG
19	NG
20	NG
21	NG
22	NG
23	NG
24	NG
25	NG
26	NG
27	NG
28	NG
29	NG
30	NG
31	NG
32	NG

**MO13-1**  
**RACK 0 / SLOT 3**  
**M-013**  
**SMAR**

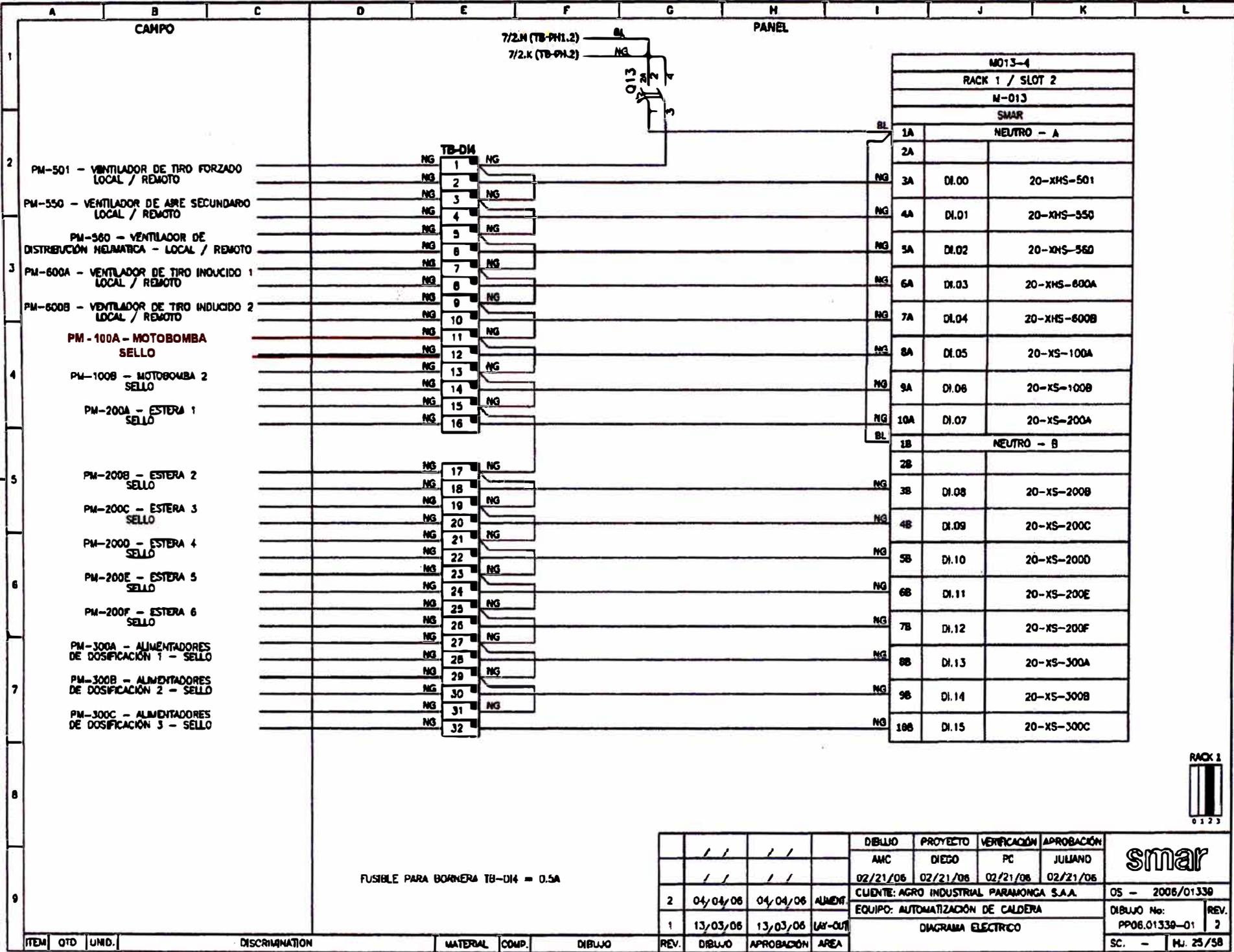
1A	NEUTRO - A	
2A		
3A	DI.00	20-HS-100A
4A	DI.01	20-HS-100B
5A	DI.02	20-HS-501
6A	DI.03	20-HS-550
7A	DI.04	20-HS-600A
8A	DI.05	20-HS-800B
9A	DI.08	20-LSH-200
10A	DI.07	20-LSH-450
1B	NEUTRO - B	
2B		
3B	DI.08	20-LSH-200
4B	DI.09	20-LSL-200
5B	DI.10	20-LSL-450
6B	DI.11	20-LSL-200
7B	DI.12	20-PSH-200
8B	DI.13	20-PSL-200
9B	DI.14	20-PSL-251
10B	DI.15	20-XAS-100A

FUSIBLE PARA BORNERA TB-011 = 0.5A

				DIBUJO	PROYECTO	VERIFICACION	APROBACION				
				AMC	DIEGO	PC	JULIANO				
				02/21/08	02/21/08	02/21/08	02/21/08				
2	04/04/06	04/04/06	ALIMENT.	CLIENTE: AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA S.A.A.				OS - 2008/01339			
1	13/03/06	13/03/06	LAY-OUT	EQUIPO: AUTOMATIZACION DE CALDERA				DIBUJO No: PP06.01339-01			
				DIAGRAMA ELECTRICO				REV. 2			
ITEM	QTD	UMID.	DISCRIMINATION	MATERIAL	COMP.	DIBUJO	REV.	APROBACION	AREA	SC.	HI. 22/58







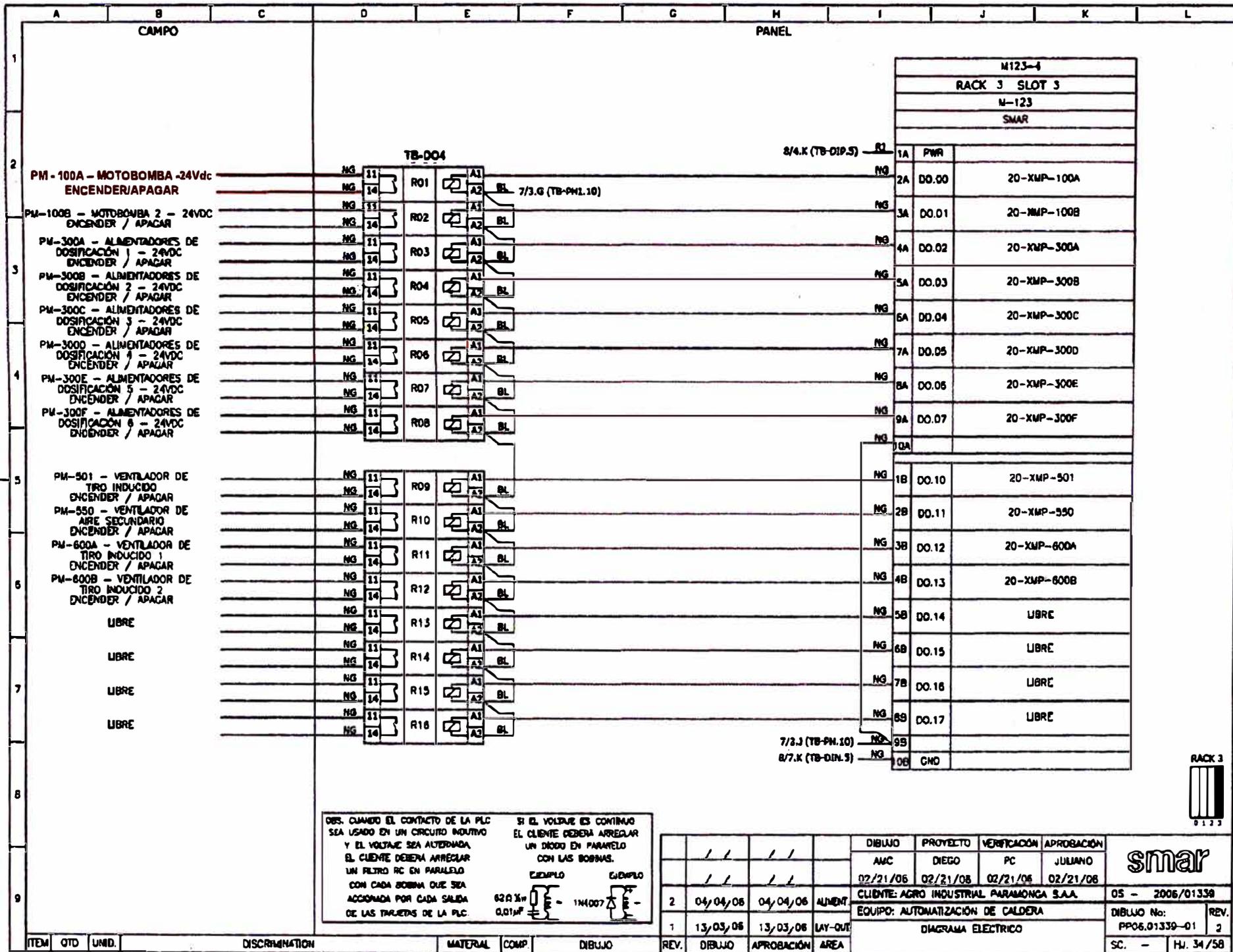
ITEM	OTD	UNID.	DISCRIMINATION
2			PM-501 - VENTILADOR DE TIRO FORZADO LOCAL / REMOTO
			PM-550 - VENTILADOR DE AIRE SECUNDARIO LOCAL / REMOTO
			PM-560 - VENTILADOR DE DISTRIBUCIÓN NEUMÁTICA - LOCAL / REMOTO
3			PM-600A - VENTILADOR DE TIRO INDUCIDO 1 LOCAL / REMOTO
			PM-600B - VENTILADOR DE TIRO INDUCIDO 2 LOCAL / REMOTO
4			PM-100A - MOTOBOMBA SELLO
			PM-100B - MOTOBOMBA 2 SELLO
			PM-200A - ESTERA 1 SELLO
5			PM-200B - ESTERA 2 SELLO
			PM-200C - ESTERA 3 SELLO
			PM-200D - ESTERA 4 SELLO
6			PM-200E - ESTERA 5 SELLO
			PM-200F - ESTERA 6 SELLO
7			PM-300A - ALIMENTADORES DE DOSIFICACIÓN 1 - SELLO
			PM-300B - ALIMENTADORES DE DOSIFICACIÓN 2 - SELLO
			PM-300C - ALIMENTADORES DE DOSIFICACIÓN 3 - SELLO

FUSIBLE PARA BORNERA TB-DI4 = 0.5A

M013-4		
RACK 1 / SLOT 2		
M-013		
SMAR		
1A	NEUTRO - A	
2A		
3A	DI.00	20-XHS-501
4A	DI.01	20-XHS-550
5A	DI.02	20-XHS-560
6A	DI.03	20-XHS-600A
7A	DI.04	20-XHS-600B
8A	DI.05	20-XS-100A
9A	DI.06	20-XS-100B
10A	DI.07	20-XS-200A
1B	NEUTRO - B	
2B		
3B	DI.08	20-XS-200B
4B	DI.09	20-XS-200C
5B	DI.10	20-XS-200D
6B	DI.11	20-XS-200E
7B	DI.12	20-XS-200F
8B	DI.13	20-XS-300A
9B	DI.14	20-XS-300B
10B	DI.15	20-XS-300C

REV.	DIBUJO	APROBACIÓN	AREA	DIBUJO	PROYECTO	VERIFICACIÓN	APROBACIÓN	smar
2	04/04/06	04/04/06	ALUMIN.	02/21/06	02/21/06	02/21/06	02/21/06	
1	13/03/06	13/03/06	LAY-OUT					EQUIPO: AUTOMATIZACIÓN DE CALDERA
DIAGRAMA ELECTRICO								DIBUJO No: P06.01330-01
								REV. 2
								SC. - HJ. 25/58





OBS. CUANDO EL CONTACTO DE LA PLC SEA USADO EN UN CIRCUITO INDUCTIVO Y EL VOLTAJE SEA ALTERNADA EL CLIENTE DEBERA AÑADIR UN FILTRO RC EN PARALELO CON CADA BOBINA QUE SEA ACCIONADA POR CADA SALIDA DE LAS TRUJETAS DE LA PLC.

SI EL VOLTAJE ES CONTINUO EL CLIENTE DEBERA AÑADIR UN DIODO EN PARALELO CON LAS BOBINAS.

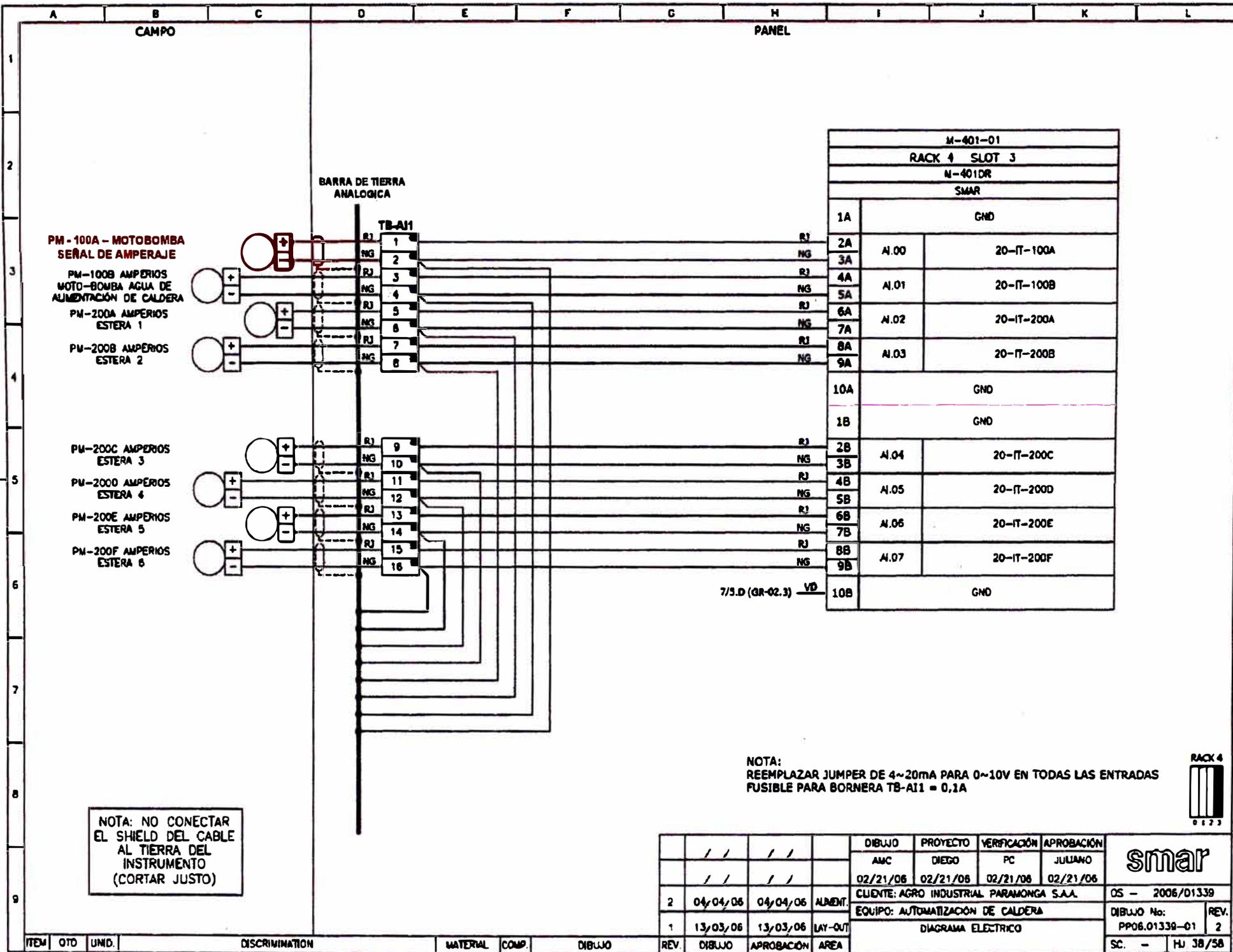
EJEMPLO      EJEMPLO

0.22kΩ      1N4007

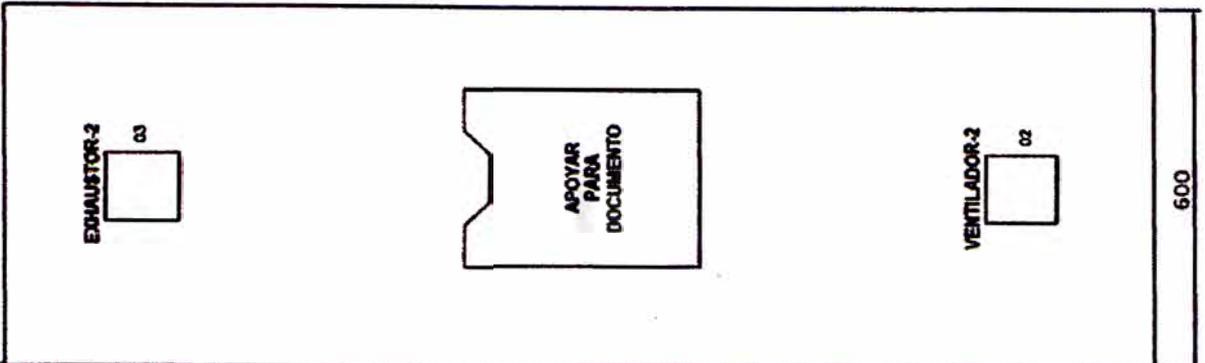
REV.	DIBUJO	PROYECTO	VERIFICACION	APROBACION	
2	04/04/06	04/04/06	ALIMENT	CLIENTE: AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA S.A.A.	
1	13/03/06	13/03/06	LAY-OUT	EQUIPO: AUTOMATIZACION DE CALDERA	DIBUJO No: PPO6.01339-01
REV.	DIBUJO	APROBACION	AREA	DIAGRAMA ELECTRICO	REV. 2
					SC. - HW. 34/58



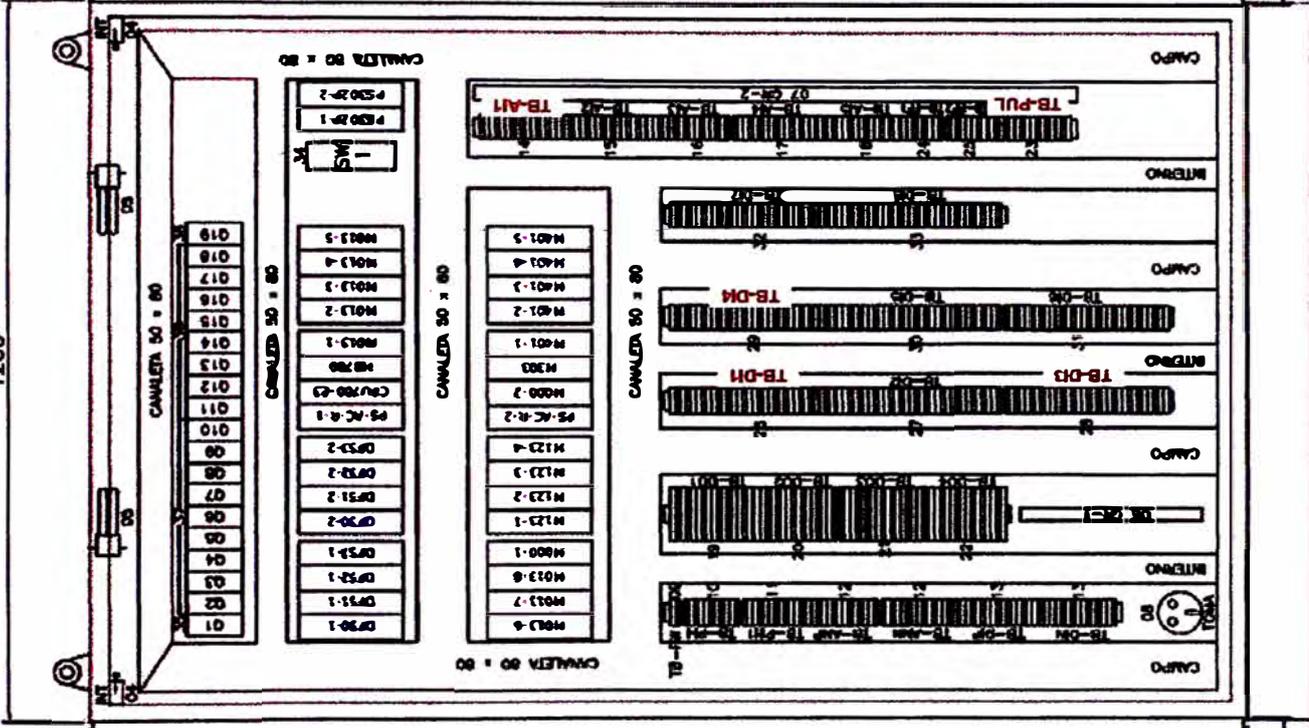




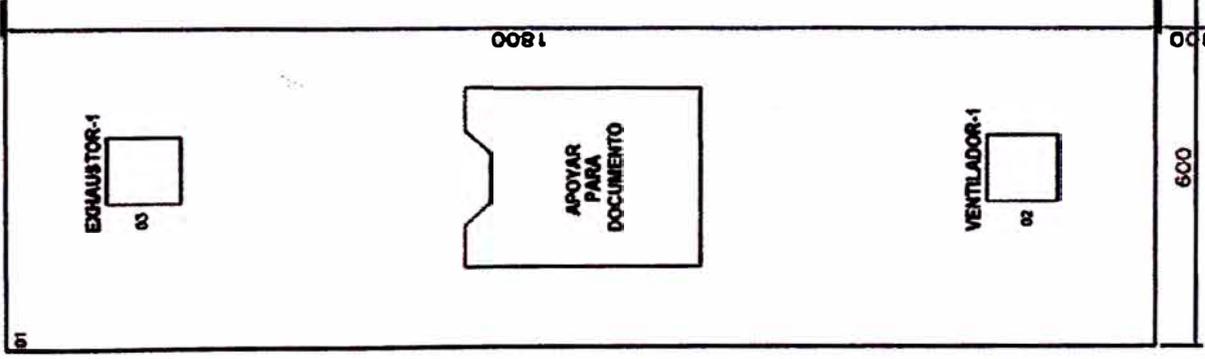
1200



600



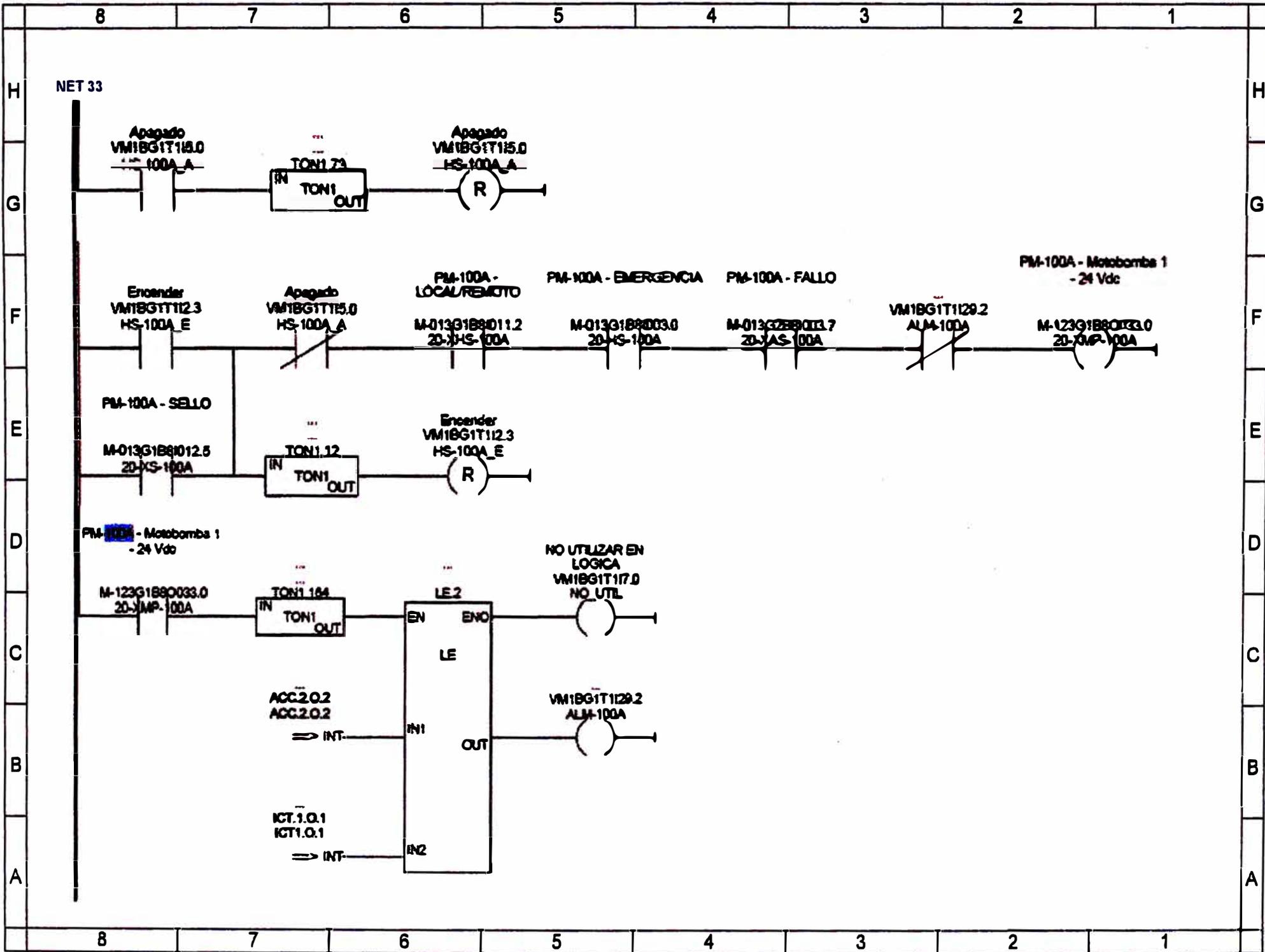
1800

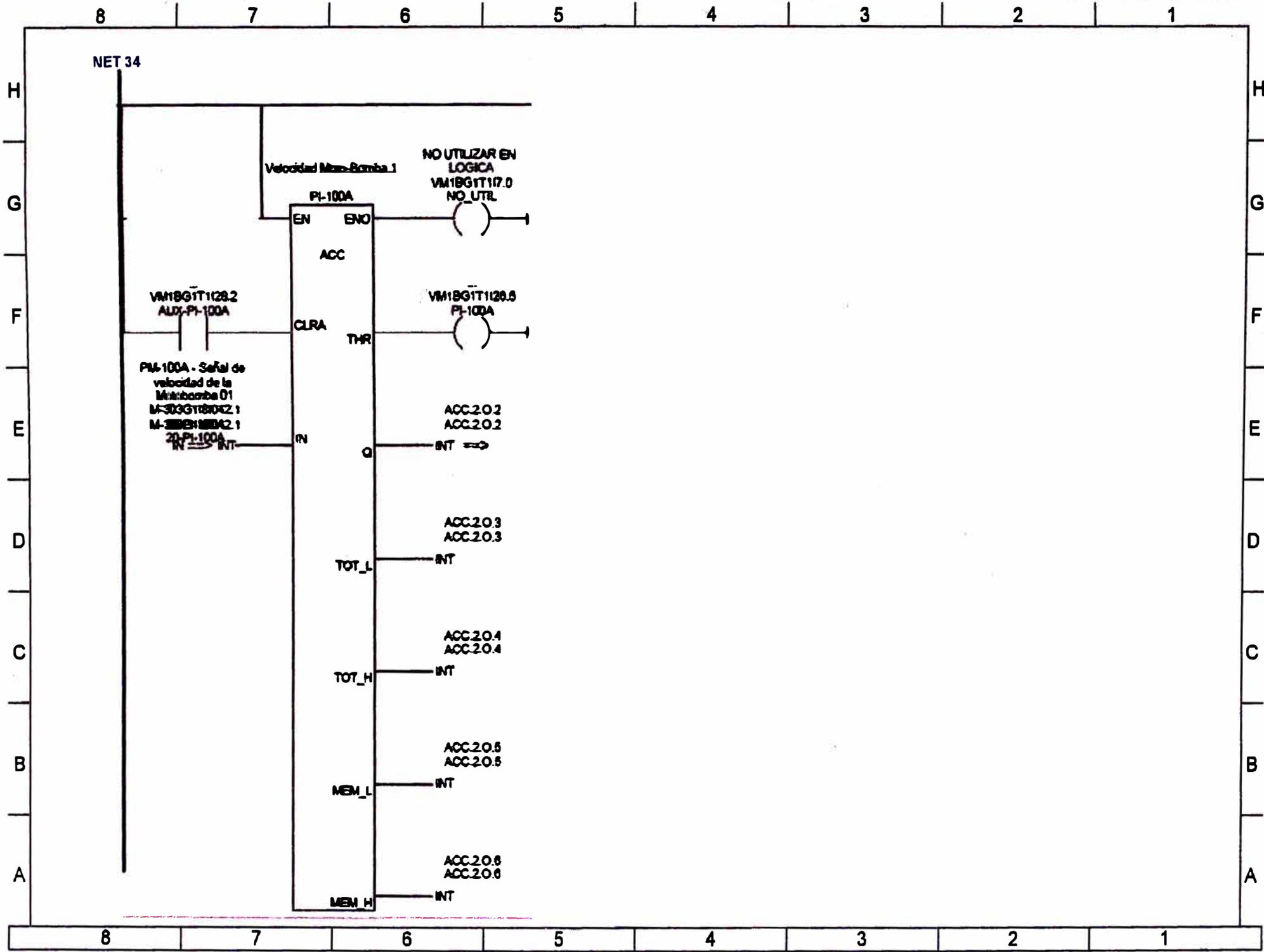


600

VISTA FRONTAL CON PUERTA ABIERTA  
1800 x 1200 x 400

**LÓGICA DE CONTROL DE  
MOTOBOMBA DE AGUA DE  
ALIMENTACIÓN 1**





**DATOS TÉCNICOS DE LA BOMBA  
DE AGUA DE 75 M<sup>3</sup>/H**

# EQUIPE - INDÚSTRIA MECÂNICA LTDA

MOd. Piracicaba Tiête Km 1,5

Fone: (05519) 3426-4600

Internet: <http://www.equipe-bombas.com.br>

CEP: 13.401-620 - Piracicaba - SP

Fax (05519) 3426-4172

Email Depto Vendas : vendas@equipe-bombas.com.br

## PROPUESTA TÉCNICA n° B-83.562 de 10/6/2005

Modelo.....: EQD-6-100-24

Ø de succion: 125 MM

Ø de descarga.: 100 MM

### DATOS DEL CLIENTE

Cliente.....: 02035 AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA S.A.A.

Atención.....: SR. SERGIO SILVA - LOGISTICA

E-Mail.....:

Entrega.....: AV. FERROCARRIL N° 212-PARAMONGA BARRANCA/ - CEP:

Cobranza.....: PARAMONGA BARRANCA

CNPJ.....: 888888888888888888888888

Teléfono n°.....: ( 51 ) 1 618-1616

Registro Estatal: RUC 20135948641

Fax.....: ( 51 ) 1 618-1619

Vendedor.....: 00034 REQUIP LTDA.

Su Pedido.....: O.C. N° LX00010243

Resp p/ el presupuesto ROBERTO HEREDIA

### CONDICIONES DE TRABAJO

Líquido.....: AGUA LIMPIA Y DESAIRENADA

Peso Especific...: 0,938 Kg/dm<sup>3</sup>

NPSH Requerido.: 4,5 M

Rotación.....: 3.500,0 RPM

Viscosidad.....: 1,0 CP

NPSH Disponible: M

Fases.....: SEIS

Concentración...: °Bx

Tipo de Bomba...: CENTRIFUGA - ALTA P

Potencia Cons...: VEA OBS CV

Temperatura.....: 125,0 °C

Montaje.....: HORIZONTAL

Potencia Rec...: 300,0 CV

Flujo.....: 75,0 M<sup>3</sup>/H

Sent de Rotacion HORARIO

Rend de la Bomba: 59,0 %

Altura Manom...: VEA OBS.

Lubricación...: ACEITE

Presión Diferenc

Presión Succión:

Presión de Descarg

### VEDA

Veda.....: GA-020

Tipo.....: GRAFITE FLEXÍVEL

Código API.....:

Fabricante ...: LAPPER

Diametro.....:

Plano API.....:

Código.....: 7000

Sobrepuesta...:

### ACCIONAMIENTO

Turbina.....:

Marca del Motor: 300-2-TE - WEG

Tens. del Motor: 550 V

Aisl. del Motor F

Cub. del motor: 355 M/L

Frec. del Motor: 60

Fab. del motor: EQUIPE

Tipo del Motor: T.F.V.B- IP-55 -

Serv. del Acop.: SIN

### TRANSMISIÓN

Enchufe.....: TR-118 - LUVA ELASTICA - FALK 1070 T10

### CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

### Material Padrão

Cuerpo.....: ACERO CARBONO ASTM A 216 (WCB)

Tapa.....: ACERO CARBONO ASTM A 216 (WCB)

Sop.del cojine: ACERO CARBONO ASTM A 216 (WCB)

Rotor.....: ACERO FUNDIDO CA 6 NM

Tipo del Rotor: CERRADO Modelo...: 9933

Diseño..: Ø del Rotor 205/215 MM

Directriz.....: ACERO INOXIDABLE ASTM A 743 CP8 (304)

Eje.....: ACERO CARBONO SAE 4340

Diseño..:

Manga de Prot.: ACERO INOXIDABLE AISI 420

Conduc. Interm: ACERO CARBONO ASTM A 216 (WCB)

Base .....: ACERO CARBONO SAE 1020/30 (ESTRUCTURAL)

Diseño..:

### CONDICIONES COMERCIALES

### PESO

Local de la Entrega.....: CRF-PUERTO CALL

Validad de la propuesta...: 30 DIAS

Cantidad.....: 2

Plazo de Entrega.....: 23/09/2005

### OBSERVACIONES

BOMBA COMPLETA C/BASE C/LUVA E MOTOR ELÉTRICO.

PRESIÓN: 1ª ETAPA= 550,0 MCL (51,6 KgF/Cm<sup>2</sup>) - 3.200 RPMs

2ª ETAPA= 650,0 MCL (61,0 KgF/Cm<sup>2</sup>) - 3.500 RPMs

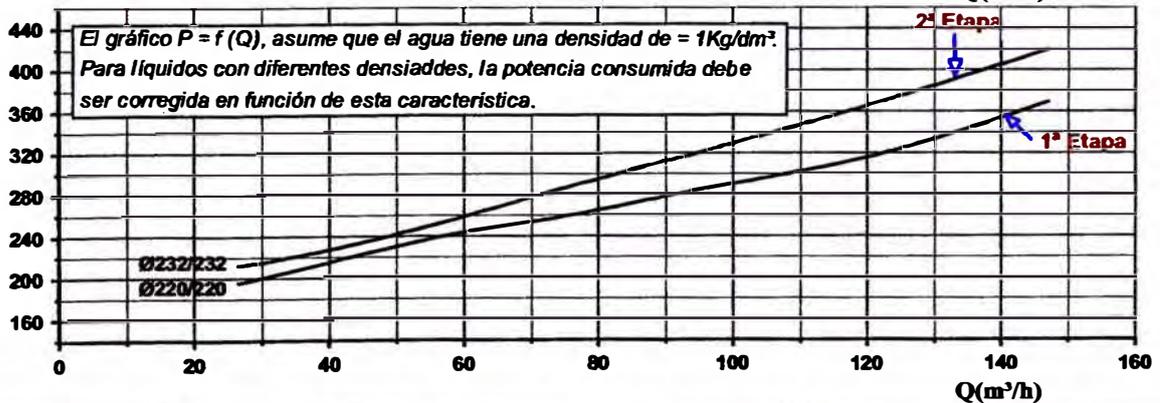
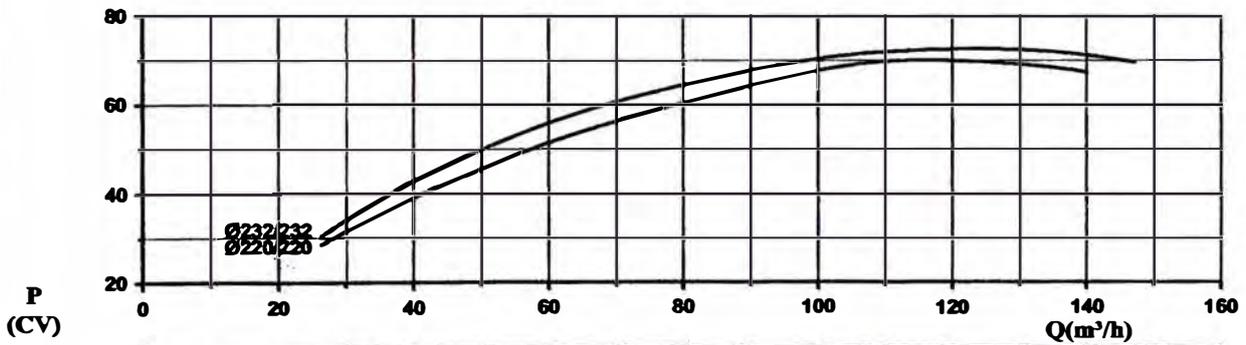
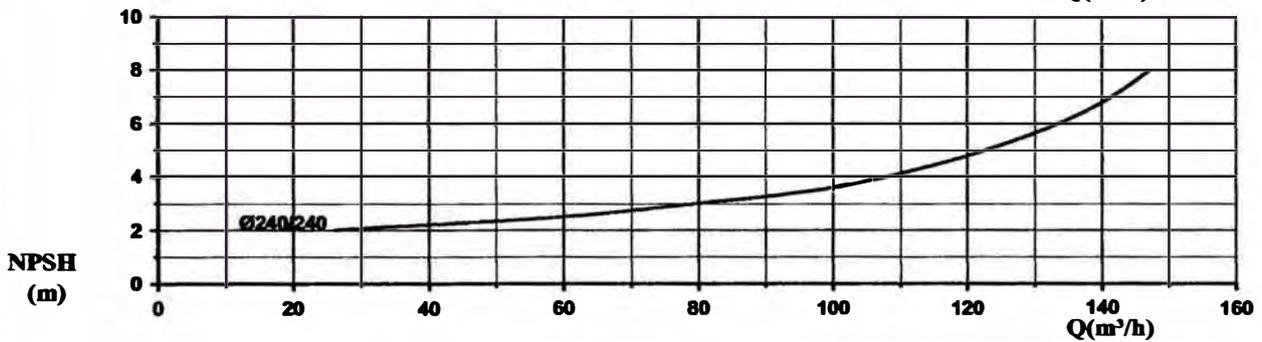
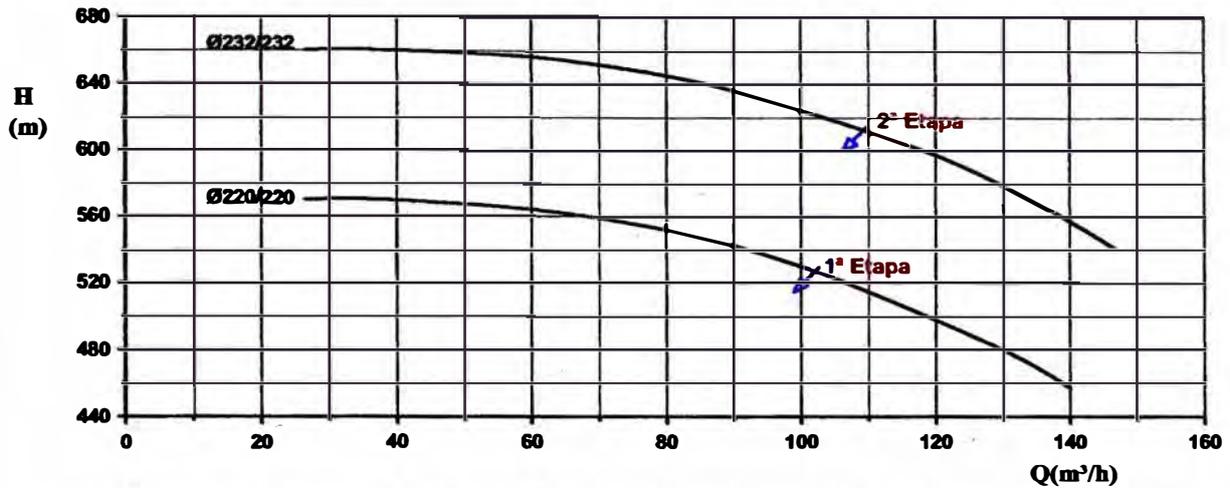
INCLUSO O FORNECIMENTO DE UM CONJUNTO DE ROTORES COM Ø 225/235 MM, PARA CADA BOMBA, PARA OPERAR NA 2ª FASE.



# BOMBA CENTRÍFUGA

## MODELO EQD-6-100-24

CURVA  
N° 0862



### ROTOR

ROTOR				SUCCIÓN	RECALQUE	ROTACIÓN
ø máximo	ø mínimo	ancho	modelo	ø mm	ø mm	r.p.m.
240	—	—	9933	125	100	3550

**DATOS TÉCNICOS DE LA BOMBA  
DE AGUA DE 150 M<sup>3</sup>/H**

# EQUIPE - INDÚSTRIA MECÂNICA LTDA

Rod. Piracicaba Tiête Km 1,5

Fone: (05519) 3426-4600

Internet: <http://www.equipe-bombas.com.br>

CEP: 13.401-620 - Piracicaba - SP

Fax (05519) 3426-4172

Email Depto Vendas : [vendas@equipe-bombas.com.br](mailto:vendas@equipe-bombas.com.br)

## PROPUESTA TÉCNICA n° B-83.457 de 1/6/2005

Modelo.....: EQD-6-125-26

Ø de succión: 150 MM

Ø de descarga.: 125 MM

### DATOS DEL CLIENTE

Cliente.....: 02035 AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA S.A.A.

Atención.....: SR. SERGIO SILVA - LOGISTICA

E-Mail.....:

Entrega.....: AV. FERROCARRIL N° 212-PARAMONGA BARRANCA/ - CEP:

Cobranza.....: PARAMONGA BARRANCA

CNPJ.....: 88888888888888888888

Teléfono n°.....: ( 51 )1 618-1616

Registro Estatal: RUC 20135948641

Fax.....: ( 51 )1 618-1619

Vendedor.....: 00034 REQUIP LTDA.

Su Pedido.....: O.C. N° LX00010243

Resp p/ el presupuesto ROBERTO HEREDIA

### CONDICIONES DE TRABAJO

Líquido.....: AGUA LIMPIA Y DESAIRENADA

Peso Especific.: 0,938 Kg/dm<sup>3</sup>

NPSH Requerido.: 6,0 M

Rotación.....: 3.500,0 RPM

Viscosidad.....: 1,0 CP

NPSH Disponible: M

Fases.....: SBIS

Concentración.: °Bx

Tipo de Bomba.: ALTA PRESSÃO

Potencia Cons.: VEA OBS CV

Temperatura.....: 125,0 °C

Montaje.....: HORIZONTAL

Potencia Rec.: 550,0 CV

Flujo.....: 150,0 M<sup>3</sup>/H

Sent de Rotacion: HORÁRIO

Rend de la Bomba: 66,0 %

Altura Manom.: VEA OBS.

Lubrificación.: ACEITE

Presión Diferenc

Presión Succión:

Presión de Descarg

### VEDA

Veda.....: GA-020

Tipo.....: GRAFITE FLEXÍVEL

Código API.....:

Fabricante ....: LAPPER

Diametro.....:

Plano API.....:

Código.....: 7000

Sobrepuesta....:

### ACCIONAMIENTO

Turbina.....: A VAPÓR, DE SU PROPIEDAD

Marca del Motor: -

Tens. del Motor:

Aisl. del Motor

Cub. del motor:

Frec. del Motor:

Fab. del motor: CLIENTE

Tipo del Motor: -

Serv. del Acop.: SIN

### TRANSMISIÓN

Enchufe.....: TR-499 - BOMBA COM EIXO LIVRE

### CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

### Material Padrão

Cuerpo.....: ACERO CARBONO ASTM A 216 (WCB)

Tapa.....: ACERO CARBONO ASTM A 216 (WCB)

Sop.del cojine: ACERO CARBONO ASTM A 216 (WCB)

Rotor.....: ACERO FUNDIDO CA 6 NM

Tipo del Rotor: CERRADO Modelo...: 10057/9865

Diseño.: Ø del Rotor 240 MM

Directriz.....: ACERO INOXIDABLE ASTM A 743 CP8 (304)

Eje.....: ACERO CARBONO SAE 4340

Diseño.:

Manga de Prot.: ACERO INOXIDABLE AISI 420

Conduc. Interm.: ACERO CARBONO ASTM A 216 (WCB)

Base.....: ACERO CARBONO SAE 1020/30 (ESTRUCTURAL)

Diseño.:

### CONDICIONES COMERCIALES

### PESO

Local de la Entrega.....: TEXAS TURBINAS

Validad de la propuesta.: 30 DIAS

Cantidad.....: 1

Plazo de Entrega.....: 08/08/2005

### OBSERVACIONES

BOMBA EIXO LIVRE.

PRESIÓN: 1ª ETAPA= 550,0 MCL (51,6 Kgf/Cm<sup>2</sup>) - 3.200 RPMs

2ª ETAPA= 650,0 MCL (61,0 Kgf/Cm<sup>2</sup>) - 3.500 RPMs

ESTE EQUIPAMIENTO SERÁ ENVIADO POR ORDEN DO CLIENTE PARA A TEXAS TURBINAS LTDA. EM ALAGOAS,

PARA ACOPLAMENTO/MONTAGEM COM A TURBINA DE ACCIONAMENTO.

ENVIAR DIMENSIONAL PARA TEXAS, PARA DEFINIÇÃO DA BASE DO CONJUNTO.

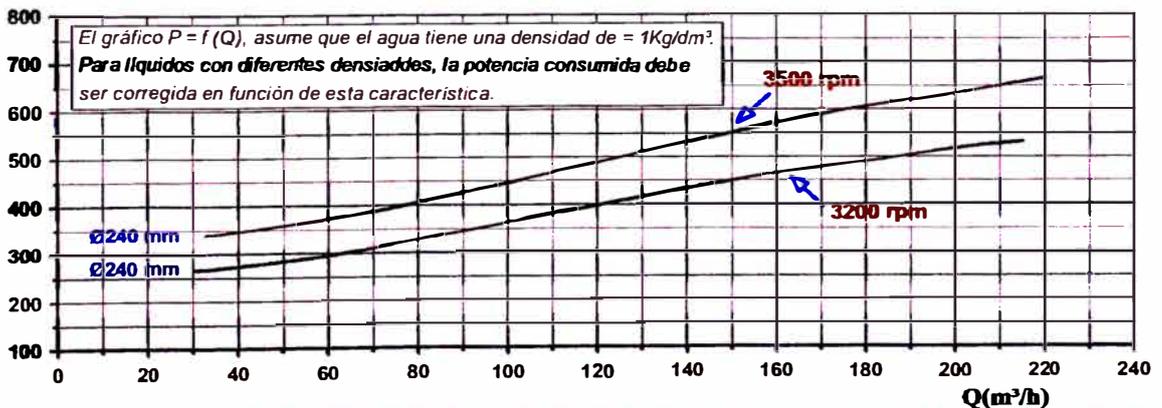
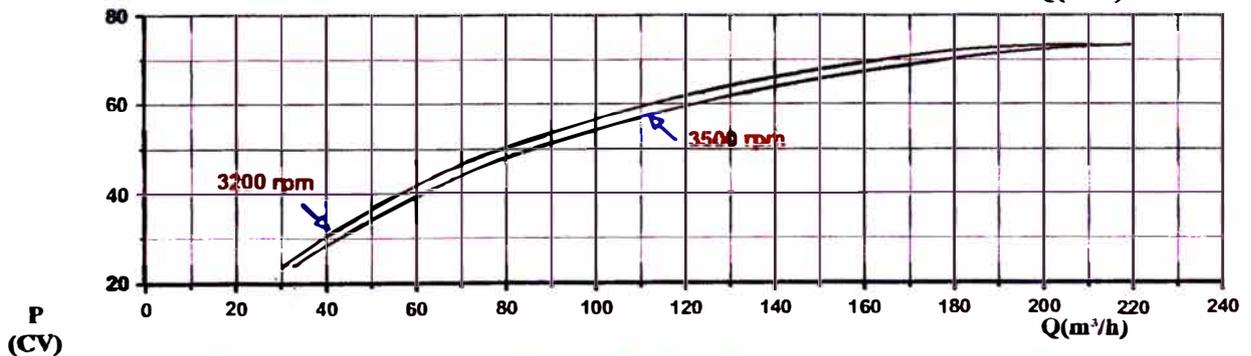
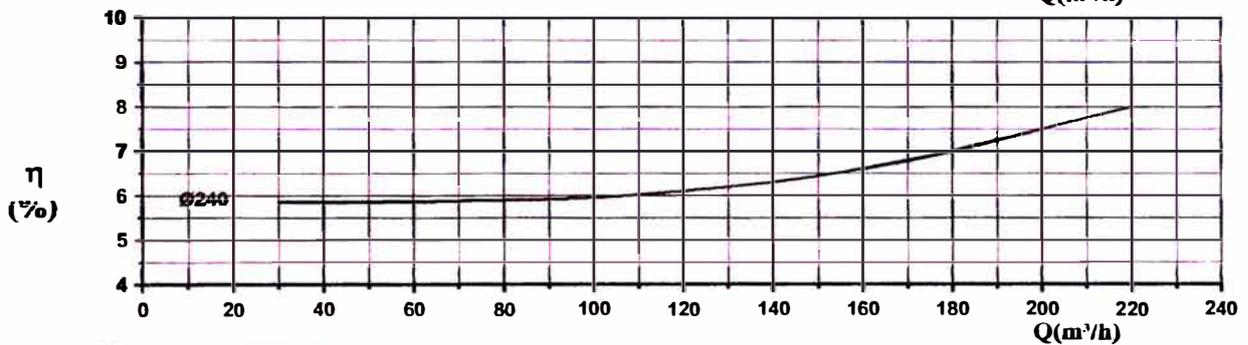
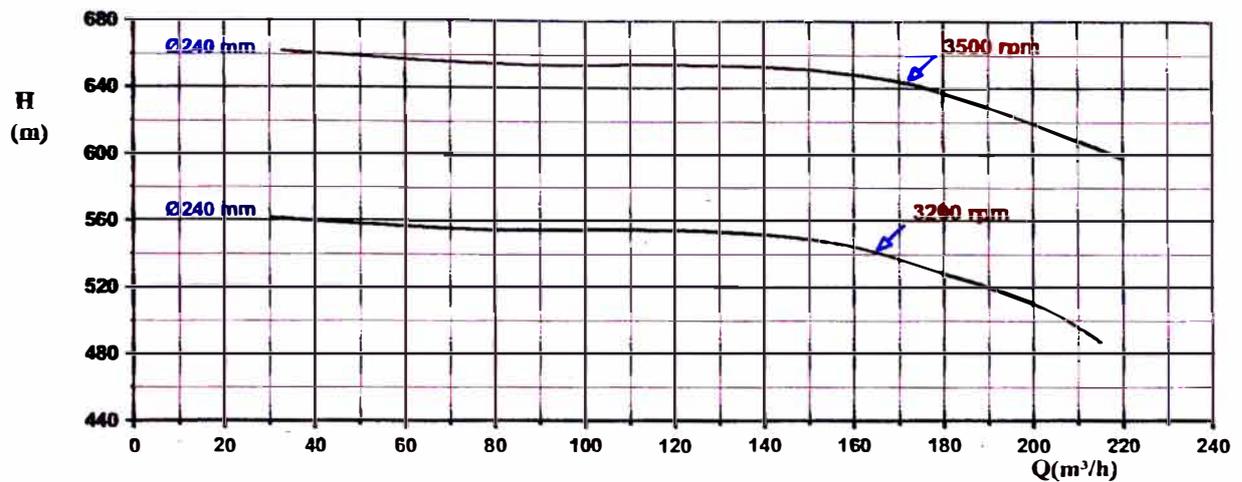
CONFORME DEFINIDO COM SR. SERGIO LUIZ PELICIANO, DA TEXAS, SENTIDO DE ROTAÇÃO "HORÁRIO".



# BOMBA CENTRÍFUGA

## MODELO EQD-6-125-26

CURVA  
N° 0861



ROTOR				SUCCIÓN	RECALQUE	ROTACIÓN
ø máximo	ø mínimo	ancho	modelo	ø mm	ø mm	r.p.m.
240	—	—	—	150	125	3200 /3500

**LISTADO DE PRECIOS  
REFERENCIALES DE MOTORES Y  
ARRANCADORES SUAVES**

## Motores trifásicos de 2 polos

Tensión conmutable 220/440V. Arranque directo a 220V ó 440V. Arranque estrella-triángulo a partir del tipo 1LA7 130 tanto a 220V como a 440V. Ejecución B3, totalmente cerrados (TEFC). - IP55 para toda la serie 1LA7 y tamaños constructivos superiores al 250M. **Los únicos aptos para ser accionados con Variador de Velocidad sin pérdida de potencia.**  
Aislamiento tropicalizado Clase F.

No. de Depósito	Descripción	US \$
-----------------	-------------	-------

**¡Su motor es muy valioso!**  
Protéjalo únicamente con productos Siemens:  
**MICROMASTER**  
Ver páginas 2/2 a 3/3



1LA7 071



1LA7 112

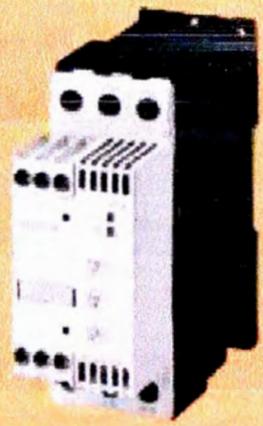
	Tipo	Tamaño Constructivo	Potencia		FS	Corriente (A)		
			HP	KW		220V	440V	
<b>VELOCIDAD 3.600 RPM (2 polos)</b>								
01083	1LA7 070 - 2YA60	71	0.75	0.56	1.15	2.4	1.2	319.000
01085	1LA7 073 - 2YA60	71	1.0	0.75	1.15	3.5	1.75	354.100
01086	1LA7 080 - 2YC60	80	1.2	0.90	1.05	4.0	2.0	371.000
01087	1LA7 080 - 2YA60	80	1.5	1.12	1.15	5.3	2.65	390.800
01089	1LA7 083 - 2YA60	80	2.0	1.50	1.15	6.2	3.1	515.900
01090	1LA7 090 - 2YC60	90	2.4	1.79	1.15	7.0	3.5	597.600
01091	1LA7 090 - 2YA60	90	3.0	2.20	1.15	9.0	4.5	651.900
01093	1LA7 096 - 2YA60	90	4.0	3.00	1.15	12.2	6.1	718.600
01094	1LA7 112 - 2YA60	112	5.0	3.73	1.15	16.0	8.0	814.900
01095	1LA7 113 - 2YA60	112	6.6	4.92	1.05	19.0	9.5	962.500
01096	1LA7 114 - 2YA60	112	7.5	5.60	1.15	21.8	10.9	1.197.200
01097	1LA7 130 - 2YA70	132 S/M	10	7.5	1.15	28.0	14.0	1.340.500
01098	1LA7 131 - 2YA70	132 S/M	12	9.0	1.05	32.0	16.0	1.509.300
01099	1LA7 132 - 2YA70	132 S/M	15	11.2	1.15	41.0	20.5	1.928.600
01100	1LA7 163 - 2YA70	160 MA	20	14.9	1.15	53.6	26.8	2.268.000
01101	1LA7 164 - 2YA70	160 MA	25	18.7	1.15	63.6	31.8	2.435.600
01102	1LA7 167 - 2YA70	160 MA	30	22.4	1.15	77.2	38.6	3.361.700
<b>Motores de alta eficiencia (Eficiencias superiores a E-P Act.)</b>								
01103	1LA4 183 - 2YC80	180 M	35	26.1	1.05	87	43.5	3.889.400
01104	1LA4 184 - 2YA80	180 M	40	29.8	1.05	102	51.0	5.016.000
01105	1LA4 206 - 2YC80	200 L	50	37.3	1.15	124	62.0	5.722.200
01106 <sup>1)</sup>	1LA4 207 - 2YA80	200 L	60	44.5	1.15	148	74.0	6.627.100
01107 <sup>2)</sup>	1LA6 224 - 2YC80	225 M	75	55.5	1.15	188	94.0	7.672.300
26690 <sup>1) 3)</sup>	1LG4 253 - 2AB60	250 M	100	75	1.0	-	120.0	8.865.100
26691 <sup>1) 3)</sup>	1LG4 280 - 2AB60	280 S	125	93	1.0	-	143.6	11.478.000
26692 <sup>1) 3)</sup>	1LG4 283 - 2AB60	280 M	150	112	1.0	-	169.7	13.909.000
26693 <sup>1) 3)</sup>	1LG4 310 - 2AB60	315 S	185	138	1.0	-	212.3	16.795.000
26694 <sup>1) 3)</sup>	1LG4 313 - 2AB60	315 M	225	168	1.0	-	257.4	19.923.000
26695 <sup>1) 3)</sup>	1LG4 316 - 2AB90-Z	315 L	275	205	1.10	-	309.9	25.276.000
26696 <sup>1) 3)</sup>	1LG4 317 - 2AB90-Z	315 L	325	242	1.10	-	360.7	30.092.000

**Notas:** <sup>1)</sup> Para tensión de servicio a 220 V, ¡favor consultar! <sup>2)</sup> Consultar tiempo de entrega  
<sup>3)</sup> Motores de fabricación bajo pedido. (\*) El precio lista no incluye el IVA vigente.  
 - Motores hasta tamaño constructivo 225 en ejecución B5 tienen un sobrepeso del 10%.

# Arrancadores electrónicos suaves SIRIUS 3RW30 Arrancadores electrónicos suaves SIKOSTART 3RW22



Equipos para la disminución en el desgaste mecánico del motor y del accionamiento.  
Reduce los picos de corriente en el arranque

No. de Depósito	Descripción	US \$				
<b>Especificaciones técnicas:</b>						
	<b>Serie 3RW30 SIRIUS</b>	<b>Serie 3RW22 SIKOSTART</b>				
Tensión de conexión	180-506 VAC	170-550 VAC				
Frecuencia de conexión	45-66 Hz	45-66 Hz				
Tensión de control	110-230 VAC	110/220/415 VAC				
Rampa de tensión	40-100 %	20-100 %				
Potenciómetros de ajuste	3	4				
Bypass incorporado	Si	No				
Tiempos de Rampas	0-20 seg.	0-180 seg.				
Temperatura de operación	40°C	40°C				
<p><b>SIRIUS 3RW30:</b> Versión compacta para motores desde 6A hasta 100A Para cargas de alto torque de arranque o de altas inercias, se recomienda sobredimensionar el arrancador en 2 tamaños superiores.</p> <p><b>Sikostart 3RW22:</b> Versión robusta para motores desde 100A hasta 1.200A</p>						
						
	<b>Tipo</b>	<b>Tamaño</b>				
		<b>I nominal motor (A)</b>				
		<b>Potencia del motor (HP)<sup>1)</sup></b>				
		<b>220 V</b>				
		<b>440 V</b>				
26892	3RW3014 - 1CB14	S00	6.0	1.8	4.0	598.000
26893	3RW3016 - 1CB14	S00	9.0	3.0	6.6	732.000
26894	3RW3024 - 1AB14	S0	12.5	4.0	9.0	814.000
26895	3RW3025 - 1AB14	S0	16.0	5.0	12.0	882.000
26896	3RW3026 - 1AB14	S0	25.0	9.0	18.0	953.000
26897	3RW3034 - 1AB14	S2	32.0	12.0	25.0	1.117.000
26898	3RW3035 - 1AB14	S2	38.0	14.0	28.0	1.380.000
26899	3RW3036 - 1AB14	S2	45.0	18.0	36.0	1.724.000
26900	3RW3044 - 1AB14	S3	63.0	24.0	50.0	1.903.000
26901	3RW3045 - 1AB14	S3	75.0	28.0	60.0	2.400.000
26902	3RW3046 - 1AB14	S3	100.0	40.0	75.0	2.897.000
30822	3RW2234 - 0DB15		100	40	75	6.277.000
52815	3RW2235 - 0DB15		135	50	100	8.084.000
48202	3RW2236 - 0DB15		160	60	125	11.310.000
52817	3RW2238 - 0DB15		235	100	200	12.639.000
52819	3RW2240 - 0DB15		300	125	250	16.332.000
52820 <sup>1)</sup>	3RW2241 - 0DB15		355	150	300	18.822.000
30823 <sup>2)</sup>	3RW2242 - 0DB15		450	200	400	21.314.000
52821 <sup>1)</sup>	3RW2243 - 0DB15		560	250	500	27.152.000
52822 <sup>1)</sup>	3RW2245 - 0DB15		700	300	600	34.012.000
52823 <sup>2)</sup>	3RW2247 - 0DB15		865	375	750	43.689.000
52824 <sup>1)</sup>	3RW2250 - 0DB15		1200	500	1000	57.163.000

**CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES  
PARA EL MOTOR DE 300Kw**

## CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES PARA LA ADQUISICIÓN DEL MOTOR DE 300 KW

### I. CONDICIONES DE SERVICIO

1 Aplicación	Bomba de alimentación de Agua
2 Tipo de Suministro	Trifásico
3 Altura	<150 msnm
4 Voltaje Nominal	550 Vac
5 Frecuencia	60 Hz
6 Temperatura Ambiente	12 -40°C
7 Humedad	30-95%

### II. CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

1 Tipo	Inducción/ jaula de Ardilla
2 Potencia	300 Kw
3 Velocidad	3600 RPM
4 Tipo de Aislamiento	H
5 Factor de Servicio	1.15
6 Tipo de Fabricación	TEFC
8 Norma de Fabricación	NEMA Premium o IEEE841 2009
9 Cables de terminación	6 Líneas

### III. SISTEMA DE PROTECCIÓN

1 Pt100 por Fase	2
2 Pt100 por Rodamiento	1
3 Tipo de Rodamiento	Abierto - Lubricado con Grasa
4 Resistencia Calefactora	Incluido
5 Tacómetro	1024 PPM HTL 24VDC
6 FRAME (OPCIONAL)	355-M/L

### IV. CONDICIONES COMERCIALES

1 Tiempo de Entrega	16 Semanas-Máximo
2 Forma de Pago	30% Adelanto contra Carta Fianza -Saldo a 40 días de la puesta en servicio
3 Asistencia en Montaje y Puesta en Marcha	Incluido
4 Garantía	18 meses desde la entrega