

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“ESTUDIO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE
AGUA BLANDA A LAS MAQUINAS
TEÑIDORAS EN UNA PLANTA TEXTIL”**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECANICO**

RICARDO LUIS ALPISTE MARTINEZ

PROMOCION 1999-I

LIMA-PERU

2011

INDICE

PROLOGO	1
CAPITULO I	3
INTRODUCCION	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Identificación del Problema	4
1.3 Objetivos	7
1.4 Justificación	7
1.5 Método de Estudio	7
1.6 Alcances y Limitaciones	8
CAPITULO II	9
SISTEMA DE BOMBEO	9
2.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES	9
2.1.1 Caudal	9
2.1.2 Altura total	10
2.1.3 Npsh requerido	10
2.1.4 Potencia hidráulica	10
2.1.5 Rendimiento de la bomba	11
2.2 CARACTERISTICAS DE OPERACIÓN DE SISTEMAS DE BOMBEO	11
2.2.1 Curvas Característica de Bomba Centrifuga	11
2.2.2 Curva Característica del Sistema	12
2.2.3 Interacción entre la Bomba y el Sistema	13
2.2.4 Operación de la bomba centrifuga para cubrir	13

	diversas condiciones de funcionamiento	
2.2.5	Funcionamiento de la Bomba Centrifuga en Circuitos de tubería Ramificada	15
2.2.6	Par de arranque	16
2.3	PERDIDAS DE CARGAS EN TUBERIAS	17
2.3.1	Perdida de Carga para flujo laminar	17
2.3.2	Perdida de Carga para flujo turbulento	18
2.3.3	Perdidas de Carga en sistema de tuberías	18
2.4	COMPONENTES MECANICOS Y ELECTRICOS	20
2.4.1	Tuberías	20
2.4.2	Válvulas	20
2.4.3	Accesorios	21
2.4.4	Bombas Centrifugas	22
2.4.5	Motores eléctricos AC	22
2.5	ARRANQUE Y CONTROL DE MOTORES ELECTRICOS EN SISTEMAS DE BOMBEO	23
2.5.1	Conexiones al suministro principal de los motores eléctricos AC	23
2.5.2	Tipos de arranque de Electrobombas con motores AC del tipo jaula de ardilla	25
2.5.3	Determinación de la corriente de arranque	27
2.5.4	Relés de Control e Instrumentación para el control de electrobombas	30

CAPITULO III

SISTEMA DE BOMBEO ACTUAL	31
3.1 LÍNEA DE BOMBEO 1	31
3.1.1 Descripción	31
3.1.2 Modo de Operación de las bombas centrifugas	32
3.1.3 Metrado	35
3.1.4 Análisis de las curvas del sistema con curvas de performance de las electrobombas	43
3.1.5 Requerimiento de proceso de llenado	48
3.1.6 Evaluación del modo de arranque de las electrobombas actuales.	49
3.2 LÍNEA DE BOMBEO 2	51
3.2.1 Descripción	51
3.2.2 Modo de Operación de las bombas centrifugas	52
3.2.3 Metrado	55
3.2.4 Análisis de las curvas del sistema con curvas de performance de las electrobombas	62
3.2.5 Requerimiento de proceso de llenado	67
3.2.6 Evaluación del modo de arranque de las electrobombas actuales	69

CAPITULO IV

SISTEMA DE BOMBEO MODIFICADO

4.1	LINEA DE BOMBEO 1	72
4.1.1	Componentes para el arranque y control de las bombas centrifugas	72
4.1.2	Modo de operación de las bombas centrifugas	73
4.1.3	Análisis de las curvas del sistema con Curvas de performance de las bombas centrifugas	77
4.2	LINEA DE BOMBEO 2	82
4.2.1	Componentes para el arranque y control de las bombas centrifugas	82
4.2.2	Modo de operación de las bombas centrifugas	83
4.2.3	Análisis de las curvas del sistema con Curvas de performance de las bombas centrifugas	87
4.3	EVALUACION DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO PROPUESTO	93
4.3.1	Comportamiento Volumétrico	94
4.3.2	Comportamiento Energético	99
4.3.2.1	Cálculo y comparación de potencias absorbidas por las electrobombas de las líneas de bombeo 1 y 2	99
4.3.2.2	Calculo y comparación de costos de consumo de energía eléctrica	102

CAPITULO V	109
COSTOS DEL SISTEMA DE BOMBEO MODIFICADO	109
5.1 DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS PROPUESTOS	109
5.1.1 Línea de bombeo 1	109
5.1.1.1 Bombas centrifugas	109
5.1.1.2 Tablero de arranque y control	110
5.1.2 Línea de bombeo 2	115
5.1.2.1 Bombas centrifugas	115
5.1.2.2 Tablero de arranque y control	116
5.2 EVALUACION ECONOMICA	121
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
BIBLIOGRAFIA	
ANEXOS	

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En empresas del rubro textil tales como las tintorerías Industriales se presenta el proceso de teñido, el cual utiliza como principal componente el agua. El proceso de teñido se puede resumir en las siguientes etapas:

- Etapa previa, dependiendo del color de la tela se elige un proceso de descrude (tela oscura) o un proceso de blanqueado (tela clara)
- Teñido, que dependiendo del tipo de colorante, puede ser de la clase directa (colores claros) y clase reactiva (colores oscuros)
- Neutralizado, consiste en enjuagar la tela con agua blanda y ácido acético para eliminar residuos de colorante que no se hayan disueltos en el proceso de teñido, luego se procede al jabonado o suavizado de la tela según indicaciones de producción

Actualmente laboro en el cargo de ingeniero de ventas para la empresa Precisión Perú en la División de fluidos el cual se dedica a la comercialización de maquinaria para transporte de fluidos en la industria, La empresa Servitejo sac, nos invitan realizar un estudio para la mejora de la línea de bombeo de su proceso de teñido. La empresa Servitejo sac pertenece al rubro textil, la planta de tintorería industrial se encuentra

ubicada en el distrito de Ate, en la cual se tiene instalado dos líneas de teñido, la línea 1 con maquinas teñidoras con un volumen total de 6010 litros de agua y prendas a teñir; y la línea 2 con maquinas teñidoras con un volumen total de 6030 litros de agua y prendas a teñir.

1.2 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

Según lo indicado por el personal de planta de teñido, se presentan los siguientes problemas:

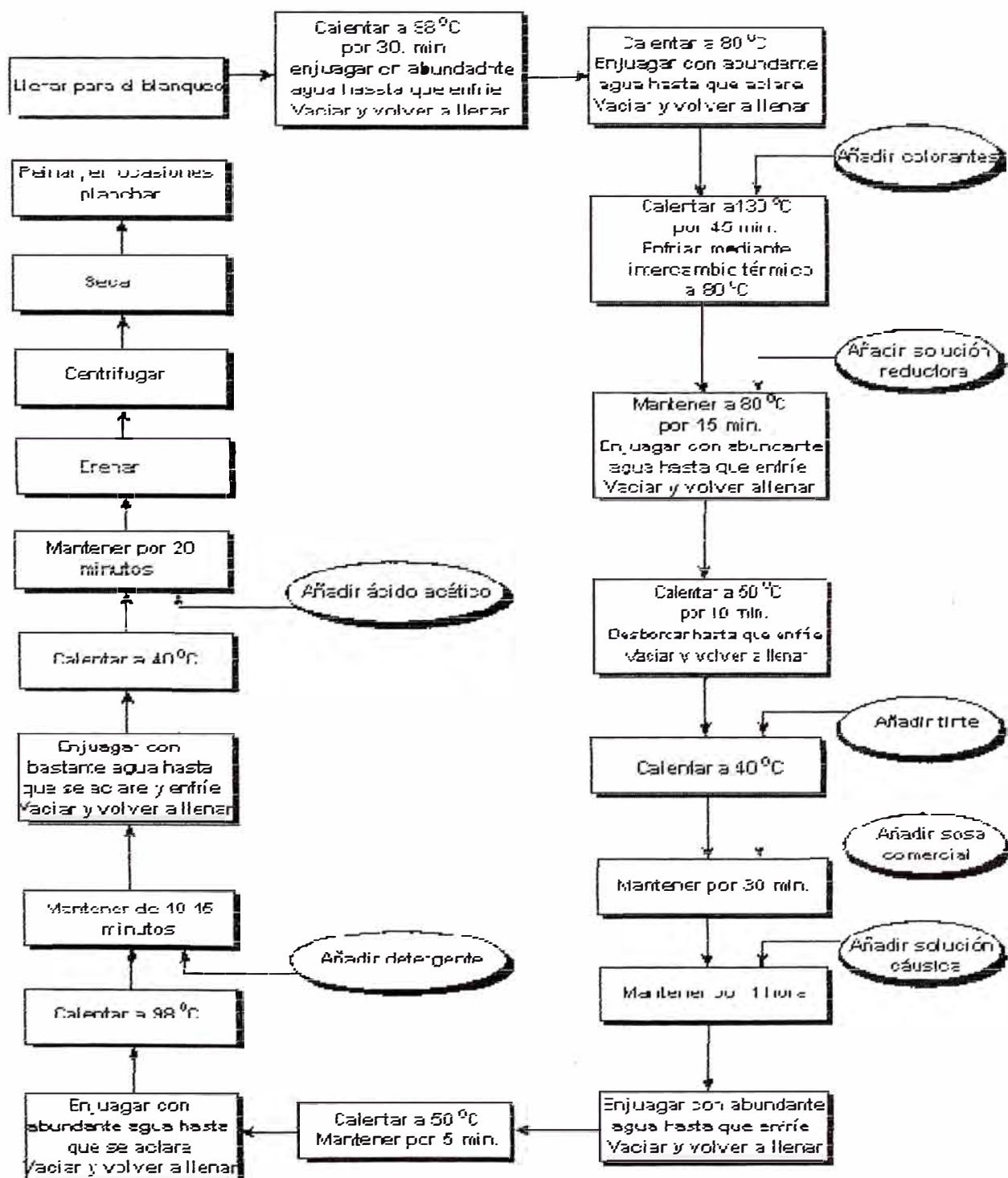
- El tiempo de llenado de agua en las maquinas teñidoras 5 de la línea de bombeo 1 y maquina teñidora 6 de la línea de bombeo 2 es mas de tres minutos
- Corrientes de arranque de los motores eléctricos de las electrobombas hidrostal C2x5 y C1.5x2.5 de las líneas de bombeo son elevados, afectando el sistema eléctrico de la planta e incrementan los costos de energía eléctrica.

La máquina de teñido requiere que el agua, antes de ingresar, debe estar siempre en un rango de 60 a 70 psi y el caudal de agua debe producir un tiempo de llenado el cual se estima en menos de 3 minutos; esto no se consigue con el actual sistema de bombeo, el cual no mantiene la presión requerida cuando opera una o más maquinas teñidoras, sino que la presión cae drásticamente cuando entran a operar las maquinas, esto ocasiona que el proceso de llenado se vuelva lento.

Otro problema que se presenta es en el momento de arranque de las electrobombas, que producen picos de corriente los cuales afectan al sistema eléctrico de la planta y generan mayores costos de energía eléctrica.

En la figura 1 se aprecia el diagrama de un proceso de teñido de ropa con colores claros similar al que se realiza en la empresa servitejo.

Figura 1.0 Diagrama de proceso de teñido de ropa de colores claros



Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente

"Prevención de la contaminación en la industria textil", 1996.

1.3 OBJETIVOS

- Mejorar el tiempo de llenado de las maquinas teñidoras.
- Disminuir la corriente pico de arranque de los motores eléctricos que accionan las bombas

1.4 JUSTIFICACION

La empresa Servitejo ha decidido optimizar las dos líneas de producción, mediante el funcionamiento óptimo de su sistema de bombeo de agua hacia las teñidoras.

1.5 METODO DE ESTUDIO

- Recabar información del sistema de bombeo, capacidad de las maquinas teñidoras, accesorios y elementos de control.
- Evaluar el funcionamiento de las bombas y motores. Esto es obtención de las curvas características de funcionamiento.
- Elaborar el diagrama de procesos de las dos líneas de producción. Operación.
- Determinar el máximo flujo de agua que puede abastecer el sistema de actual de bombeo.
- Disminución de los tiempos de llenado en las maquinas teñidoras, como consecuencia de funcionamiento en nuevos parámetros de bombas y motores.
- Evaluación de los resultados producidos en las líneas de teñido.
- Propuesta de nuevo sistema de bombeo y diagrama de proceso de flujo de procesos.

1.6 ALCANCE Y LIMITACIONES

El presente trabajo abarca el estudio de la modificación del sistema de bombeo mas no la ejecución del mismo, el cual lo realizará el mismo usuario.

Estudio de los sistemas actuales de arranque de motores, y su aplicación adecuada para el sistema de bombeo propuesto.

CAPITULO II

SISTEMAS DE BOMBEO

Los sistemas de bombeo están compuestos por tuberías, válvulas, bombas, fittings y otros componentes a través de los cuales se transporta el fluido. Para este estudio en particular se tratara los sistemas de bombeo operando con bombas centrifugas.

2.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

2.1.1 Caudal

Es el flujo, en el tiempo, de líquido que sale de la bomba a través de su boca de impulsión.

Caudal Nominal. Es el caudal para el cual se selecciona la bomba

Caudal Óptimo. Caudal en el punto de máximo rendimiento

Caudal mínimo. Caudal mínimo permisible

Caudal máximo. Caudal máximo permisible

2.1.2 Altura total

Es el trabajo mecánico útil transferido por la bomba al líquido bombeado expresado en unidades de peso del líquido bombeado teniendo en cuenta el valor local de la aceleración de la gravedad
Altura nominal. Altura total para el cual ha sido seleccionada la bomba

Altura óptima. Altura total en el punto de máximo rendimiento

Altura a válvula cerrada. Altura total con caudal nulo

2.1.3 NPSH requerido

Es la cantidad mínima de altura requerida para que la presión total en el plano de referencia para el valor del NPSH, exceda a la tensión de vapor del líquido bombeado, garantizando así el funcionamiento correcto de la bomba sin cavitación a la velocidad nominal (la altura nominal) y bombeando el líquido para el cual fue seleccionado.

2.1.4 Potencia

Potencia hidráulica. Es la potencia transmitida al líquido bombeado

Potencia absorbida. Llamada también potencia al eje, es la potencia mecánica absorbida por la bomba

Potencia nominal absorbida. Potencia requerida para las condiciones normales de operación

Potencia optima absorbida. Potencia requerida en el punto de máximo rendimiento

2.1.5 Rendimiento de la bomba

Es la relación entre la potencia hidráulica y la potencia absorbida por el eje.

2.2 CARACTERISTICAS DE OPERACIÓN DE SISTEMAS DE BOMBEO

2.2.1 Curvas Características de Bomba centrífuga

En una bomba centrífuga la altura, la potencia, la eficiencia y el NPSH requerido están en función del caudal y esto a una velocidad de giro constante de la bomba. La relación entre estos valores y el caudal se denomina curvas características de la bomba.

2.2.1.1 Curva Altura Caudal

Es la relación entre la altura de la bomba centrífuga y su caudal. La altura disminuye al aumentar el caudal

2.2.1.2 Curva Potencia Caudal

Es la relación entre la potencia de la bomba centrífuga y su caudal. La manera como varia depende del impulsor de la bomba:

- Impulsor de paletas, potencia disminuye con el caudal
- Impulsor de flujo radial, potencia aumenta con el caudal
- Impulsor flujo mixto, potencia aumenta con el caudal

- Impulsor flujo axial, potencia aumenta con el caudal

2.2.1.3 Curva Eficiencia Caudal

La eficiencia aumenta inicialmente al aumentar el caudal hasta un punto máximo para luego disminuir al seguir aumentando el caudal.

2.2.1.4 Curva NPSH requerido - Caudal

Es la relación entre el NPSH requerido de la bomba centrífuga y su caudal. La manera como varia depende del tipo de impulsor.

- Impulsor de paletas, el NPSH aumenta con el caudal
- Impulsor de flujo radial, el NPSH aumenta con el caudal
- Impulsor de flujo mixto, el NPSH aumenta con el caudal
- Impulsor de flujo axial, el NPSH disminuye inicialmente al aumentar el caudal hasta un punto mínimo para luego aumentar al seguir aumentando el caudal.

2.2.2 Curva Característica del sistema

Es la curva que nos muestra las necesidades de altura de un sistema de bombeo en función del caudal. La altura del sistema (H) está compuesta de dos componentes:

$$H = H_e + H_d \quad (1.0)$$

donde:

Altura estática (H_e), independiente del caudal y cuyo valor puede ser cero.

Altura dinámica (H_d), que depende del caudal

2.2.3 Interacción entre la bomba y el sistema

El punto de trabajo de la bomba es aquel que en la altura generada por esta es idéntica a la altura necesaria de la instalación. Esto determina el caudal que puede ser suministrado por la bomba a través del sistema. También determina los valores de potencia absorbida, el rendimiento y el NPSH requerido de la bomba es condición importante que el NPSH requerido de la bomba sea mayor al NPSH requerido del sistema.

2.2.4 Operación de la bomba Centrífuga para cubrir diversas condiciones de funcionamiento

Existen muchas maneras posibles de de adaptar la salida de una bomba para cubrir las necesidades del sistema, estas se basan en:

La bomba es controlada por estrangulación, la pérdida de carga y por lo tanto la altura dinámica se aumenta mediante una válvula de control de impulsión. El control por estrangulación se recomienda en bombas de tipo radial ya que en ellas la potencia absorbida disminuye al disminuir el caudal.

La bomba es controlada por variación de velocidad, la curva de la bomba varía según las leyes de semejanza. Si la curva H/Q es conocida para una velocidad de giro n , entonces podrá hallarse para otra velocidad

de giro n_X , la intersección de esta curva H_X/Q_X con la del sistema dará el nuevo punto de operación. Las características de la bomba: caudal, altura, potencia y eficiencia se calculan de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$\text{Caudal} \quad : \quad \frac{Q_X}{Q} = \frac{n_X}{n} \quad (2.0)$$

$$\text{Altura} \quad : \quad \frac{H_X}{H} = \left(\frac{n_X}{n}\right)^2 \quad (3.0)$$

$$\text{Eficiencia} \quad : \quad \eta_X = 1 - (1 - \eta) \left(\frac{n}{n_X}\right)^{0.1} \quad (4.0)$$

$$\text{Potencia} \quad : \quad \frac{P_X}{P} = \frac{\eta}{\eta_X} \left(\frac{n_X}{n}\right)^3 \quad (5.0)$$

Donde:

Q	:	caudal
H	:	altura
n	:	velocidad de giro de la bomba
η	:	eficiencia
P	:	potencia

Existen además otros métodos de control de la bomba tales como: reducción del diámetro del impulsor, control por bypass, control mediante pre rotación, control por autorregulación.

2.2.5 Funcionamiento de la Bomba Centrífuga en circuitos de tubería Ramificada

Tubería de impulsión ramificada y una sola bomba de impulsión.

Si una sola bomba suministra varias tuberías de impulsión, la curva de característica común del sistema puede determinarse a partir de las curvas de características individuales para la misma altura total, siendo el caudal total la suma de los caudales individuales correspondientes a la misma altura. El punto de operación resulta de la intersección de la curva de sistema resultante con la curva de operación de la bomba.

Funcionamiento de bombas centrífugas en paralelo. Si dos bombas se instalan en paralelo, la curva de sistema resultara de determinar para una misma altura los caudales en las curvas de operación de cada una de las bombas, el caudal total es la suma de los caudales con la misma altura. Se supone la pérdida de carga en los dos ramales hasta la unión es despreciable.

Funcionamiento de bombas centrífugas en tubería común. Al funcionar varias bombas en serie en un mismo sistema con una tubería común, los valores de la altura total para un mismo caudal, de las bombas individuales se suman para hallar la altura total de la combinación en serie. En el caso de bombas desiguales es conveniente establecer a bomba con el NPSH requerido más bajo como primero de la serie.

2.2.6 Par de arranque

Es el par que necesita la bomba para mantener la velocidad de giro alcanzada en cada momento, durante el tiempo de arranque.

$$T_a = 9549 \frac{P}{n} \quad (6.0)$$

donde:

T_a : torque de arranque (N-m)

P ; potencia (kW)

n : velocidad (rpm)

El torque aumenta desde cero hasta el torque nominal T_n una vez alcanzada la velocidad de funcionamiento. El par suministrado por el accionamiento a través del acoplamiento durante el arranque, depende fundamentalmente del accionamiento. Hasta que se alcanza el par nominal, el par que entra desde el accionamiento T_m supera el par de arranque. La diferencia entre ambos valores que es el par en exceso T_e se utiliza para acelerar el conjunto de masas giratorias de la bomba.

$$T_e = T_m - T_a \quad (7.0)$$

2.3 PERDIDAS DE CARGA EN TUBERIAS

Para tuberías de sección circular que estén completamente llenas, la pérdida de carga H_V puede calcularse según DARCY WEISBACH como sigue:

$$H_V = \lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (8.0)$$

donde:

λ : coeficiente de fricción, está en función del número de Reynolds

$$Re = \frac{DV}{\nu} \quad (10.0)$$

ν : viscosidad cinemática

L: longitud de tubería

D : diámetro de la tubería

V : velocidad media de circulación

$$V = \frac{Q}{A} \quad (9.0)$$

Q : caudal

A : área

2.3.1 Perdida de Carga para flujo laminar (Re < 2320)

En este caso, para calcular λ se aplica la ley de HAGEN POISEUILLE, independientemente de la rugosidad de la tubería

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (11.0)$$

2.3.2 Perdida de Carga para flujo turbulento (Re > 2320)

En este caso, que es una condición que esté presente en la mayoría de los casos, para los materiales, diámetros y velocidades de circulación habituales de las tuberías, existen condiciones entre “hidráulicamente lisos” e “hidráulicamente rugosos”. Para esta gama de transición, el coeficiente de fricción λ sigue la relación, según PRANDTL - COLEBROOK, siguiente:

$$\frac{1}{\lambda} = -2 \log \left(\frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{D} \frac{1}{3.71} \right) \quad (12.0)$$

donde:

- K : rugosidad de la pared interior de la tubería
D : diámetro interior de la tubería

2.3.3 Perdidas de Carga en sistemas de Tuberías.

Para determinar la pérdida de carga en un sistema de redes de tuberías, primero, se debe determinar la pérdida de carga en cada tubería.

Tuberías conectadas en serie, la pérdida de carga total (HV), para un caudal de flujo “Q”, es la suma de las pérdidas de carga en cada una.

$$H_V = h_{v1} + h_{v2} + \dots \dots \dots h_{vi} \quad (13.0)$$

donde:

h_{vi} : pérdida de carga en la tubería “i” conectada en serie

Para determinar la curva de sistema por pérdida de carga de tuberías conectadas en serie, tendrán que sumarse las pérdidas de carga correspondientes a cada curva de sistema de las tuberías conectadas en serie para un caudal de flujo "Q".

Tuberías conectadas en paralelo, la pérdida de carga total (HV), es igual en cada una de las tuberías, siendo el caudal total Q_T , que ingresa y sale de la red de tuberías, igual a la suma de caudales en cada una de las tuberías conectadas en paralelo.

$$Q_T = q_1 + q_2 + \dots + q_i \quad (14.0)$$

donde:

q_i : caudal en la tubería "i" conectada en paralelo

Para determinar la curva de sistema por pérdida de carga de tuberías conectadas en paralelo, tendrá que sumarse los caudales correspondientes a cada curva de sistema de las tuberías conectadas en paralelo para una pérdida de carga " h_v ".

En sistemas de tuberías simples compuestas por tuberías en serie y en paralelo, el procedimiento para determinar la pérdida de carga total HV, sumar las tuberías en serie para obtener una tubería equivalente y luego proceder a ser combinada con las tuberías en paralelo correspondiente.

2.4 COMPONENTES MECANICOS Y ELÉCTRICOS

2.4.1 Tuberías

Las tuberías son conductos que permiten el paso del fluido, son fabricados en diversos materiales, para grandes diámetros se tienen en : acero, hierro fundido dúctil, concreto, asbesto cemento y plástico reforzado con fibra de vidrio. Para diámetros pequeños se tiene en polietileno de alta densidad y policloruro de vinilo.

Las tuberías podemos definir las por su comportamiento estructural:

- Conductos flexibles, aquellos que se deforman antes de alcanzar la condición de rotura (acero, hierro dúctil, polietileno)
- Tuberías rígidas, aquellos que no se deforman de manera apreciable cuando se produce la rotura.

2.4.2 Válvulas

Son elementos que se colocan en las tuberías como elementos reguladores de caudal o presión, mantenimiento o seguridad de la instalación.

Las válvulas las podemos clasificar de acuerdo a su función:

- Válvulas de paso, permiten o interrumpen el paso total del fluido en la tubería, su accionamiento está relacionado con situaciones de mantenimiento o emergencias.

- Válvulas reguladoras, permiten la regulación y control de parámetros hidráulicos, (caudal, presión, temperatura, etc.).
- Válvulas de control direccional, permiten el paso del fluido en un solo sentido (retención o de pie).

Los tipos de válvulas que son más comunes:

- Válvula de compuerta, en la mayoría de los casos se usa para cerrar o abrir el paso de fluido.
- Válvula de mariposa, en la mayoría de los casos se usa para cerrar o abrir el paso de fluido.
- Válvula de globo, se utiliza para regulación y control
- Válvulas de paso anular, permite operar como elementos de control del caudal o presión
- Válvula de esfera y cono, permite operar como elementos de control del caudal o presión
- Válvulas de Retención, se utilizan para evitar la inversión del sentido flujo.

2.4.3 Accesorios

Son accesorios mecánicos que permiten la conexión entre tuberías con bombas, válvulas. Tenemos los codos, bridas, tees, coples, conectores. Estos son fabricados en materiales de acero, hierro fundido, plástico. Se conectan por soldadura, conexión bridada, conexión roscada, a presión (en caso de los plásticos).

2.4.4 Bombas Centrifugas

Son maquinas rotativas que tienen como fin cambiar la energía mecánica de los líquidos, resultando en un movimiento del mismo. La maquina posee una tubería de succión que se dirige hacia el centro de un rotor con flujo radial hacia el exterior, una carcasa en espiral que dirige el fluido hacia la tubería de descarga. El rotor con alabes radiales son indicados para altas alturas y bajos caudales, el rotor con alabes axiales son indicados para bajas alturas y gran caudal, el rotor de alabes mixtos son para alturas y caudales intermedios.

2.4.5 Motor Eléctrico AC

El motor de inducción del tipo de jaula de ardilla, es el más usado, con características de funcionamiento adecuadas para los requerimientos y en lo que respecta a la simplicidad, su construcción mecánica difícilmente puede ser superada.

Este motor consta de un estator convencional devanado con un número específico de polos y fases y un rotor que tiene barras fundidas o soldadas. Embebidas en el rotor. El motor de inducción de jaula de ardilla opera una velocidad inferior a la velocidad síncrona debido a un deslizamiento específico o rpm. La velocidad síncrona se define como:

$$N = \frac{f \times 60 \times 2}{P} \quad (15.0)$$

donde:

p : numero de polos

f : frecuencia de línea de potencia Hz

N : velocidad rpm

El porcentaje de deslizamiento se define como:

$$\text{deslizamiento} = \frac{(N - s) \times 100}{N} \quad (16.0)$$

donde:

s : deslizamiento rpm

Cuando el devanado del estator del motor de inducción de jaula de ardilla se conecta a una fuente adecuada de potencia, se genera un flujo magnético en el espacio de aire entre el estator y el rotor del motor. Este flujo gira alrededor del perímetro del entrehierro e induce un voltaje en las barras del rotor. Como están conectados en corto circuito entre sí por sus extremos (anillos extremos), una corriente circula en las barras del rotor. La corriente y el flujo del entrehierro interactúan, originando que el motor produzca un par.

2.5 ARRANQUE Y CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS EN SISTEMAS DE BOMBEO

El motor eléctrico es el comúnmente utilizado para accionar las bombas centrifugas, principales ventajas son las siguientes:

- energía eléctrica es fácilmente disponible y de fácil instalación
- alta eficiencia debido a las bajas pérdidas cuando transforma la energía eléctrica en energía mecánica

- el motor eléctrico puede absorber variaciones de requerimiento de torque de la bomba
- fácil control de velocidad

En la gama de funcionamiento de alrededor de 1,0 Kilovatio, se usan motores monofásicos de inducción exclusivamente, pero por encima de 1,0 KW hasta 8,0-10,0 MW, se utilizan motores alternos y trifásicos.

2.5.1 Conexiones de los motores eléctricos AC

La bobina del estator del motor está diseñado para una tensión específica. Se puede, sin embargo, hacer funcionar el motor con diferentes tensiones, conectando las bobinas de fase en diferentes combinaciones. La tensión establecida del motor con el tipo de conexión adoptada, debe alcanzar la tensión de alimentación. La corriente admisible en las bobinas solo depende de la forma, de la sección de los conductores y del aislamiento. Los tipos de conexiones comunes son:

- Conexión serie paralelo
- Conexión estrella – triangulo
- Triple tensión nominal

2.5.2 Tipos de arranque de Electrobombas con motores AC del tipo jaula de ardilla

2.5.2.1 Arranque directo

Es el sistema ideal de arranque ya que es el más simple. El suministro total de voltaje se aplica directamente al motor mediante un contactor. En el momento de conexión se produce una corriente de arranque entre 4 y 6 veces mayor a la de funcionamiento. Como resultado de ello el voltaje de suministro baja, por lo que otros usuarios podrían verse afectados. Se recomienda este tipo de arranque para motores de potencia menores a 5,5 KW.

2.5.2.2 Arranque estrella triangulo

Se utilizan contactores cuyas conexiones alternan los seis extremos del devanado. El arranque tiene lugar en la Conexión en estrella, cuando la tensión de fase en el devanado es solo $1/\sqrt{3}$ de la línea, en contraste con la conexión en triangulo (conexión de funcionamiento) en la que se aplica en el devanado, la tensión total de la línea de suministro. Como el par es aproximadamente proporcional al cuadrado de la tensión, este baja en la conexión en la conexión en estrella hasta aproximadamente $1/3$ del valor utilizado con la conexión en funcionamiento. Así mismo la corriente también se reduce a $1/3$ del valor utilizado con la conexión de funcionamiento. Después de alcanzar la velocidad máxima, el motor pasa a la conexión en triangulo, produciéndose una segunda punta de corriente cuya intensidad depende de la carga.

2.5.2.3 Arranque Soft Start

Es un equipo electrónico de potencia, el voltaje del motor es regulado por una tarjeta electrónica. Este arrancador se basa en que en el arranque el voltaje es bajo, la corriente y el torque también es bajo. Durante el arranque el voltaje del motor es tan bajo que solo permite ajustar el juego entre engranajes de transmisión o tensionar fajas de transmisión. Gradualmente el voltaje y el torque aumentan tanto que la maquinaria empieza a acelerar. Uno de los beneficios este método de arranque es que se puede obtener el torque exacto requerido, aun si está presente la carga o no. Otra función importante es la parada suave que permite realizar el arrancador, esto es muy útil en bombas centrifugas donde el problema es el golpe de ariete.

2.5.2.4 Arranque Variador de Frecuencia

Es un equipo electrónico de potencia, su principal función es la de regular la velocidad del motor eléctrico accionado. El variador está compuesto por dos partes principales: convierte energía eléctrica AC (60 o 50 Hz) a DC y otra parte que convierte energía eléctrica DC a AC (valores de frecuencia desde 0 Hz hasta 400 Hz). Como la velocidad del motor depende de la frecuencia entonces se podrá variar la velocidad del motor variando la frecuencia. Controlando la frecuencia se consigue el torque nominal del motor a muy bajas velocidades.

Controlando la frecuencia la corriente de arranque es baja en un rango de 0,5 a 1,0 la corriente nominal del motor, siendo el máximo de 1,5

veces la corriente nominal del motor, obteniéndose un arranque suave. La parada suave es otra de las funciones del variador de frecuencia, muy útil al detener electrobombas y evitar el golpe de ariete.

2.5.3 Determinación de la corriente de arranque

En los motores de jaula de ardilla la corriente de arranque depende de la potencia nominal y de la efectividad de la resistencia del rotor en condiciones de arranque.

- *Motores norma IEC*, Para estimar la corriente de arranque en condiciones de arranque todos los motores norma IEC, presentan en su placa característica la relación que existe entre la corriente de arranque y la corriente nominal. (I_a/I_n). Con este dato calculamos la potencia de arranque (S_a).

$$S_{\text{arranque}} = \sqrt{3} \times I_a \times V_n \times \cos \varphi \quad (17.0)$$

donde:

I_n : corriente de arranque

V_n : voltaje nominal

$\cos \varphi$: factor de potencia

- *Motores norma NEMA*, Para estimar la corriente de arranque en condiciones de arranque todos los motores norma NEMA, tienen una letra código que se encuentra en su placa característica. Esta letra código establece los límites de la cantidad de corriente que el motor puede aceptar en condiciones de arranque. Estos límites se

expresan en valores de potencia aparente de arranque del motor en función de los caballos de fuerza nominales.

Tabla 2.1 valores de kilovoltampere por caballo de fuerza para código

Letra código nominal	rotor bloqueado KVA/hp
A	0.30-1.50
B	3.15-3.55
C	3.55-4.00
D	4.00-4.50
E	4.50-5.00
F	5.00-5.60
G	5.60-6.30
H	6.30-7.10
J	7.7-8.00
K	8.00-9.00
L	9.00-10.00
M	10.00-11.00
N	11.20-12.50
P	12.50-14.00
R	14.00-16.00
S	16.00-18.00
T	18.00-20.00
U	20.00-22.40
V	22.40- y más

Para determinar la corriente de arranque léase el voltaje nominal, la potencia nominal en unidades de caballos de fuerza y la letra de código de su placa característica, entonces la potencia aparente de arranque del motor será:

$$S_{\text{arranque}} = (\text{potencia nominal}) \times (\text{factor letra código nominal}) \quad (18.0)$$

La corriente de arranque (amperios) se puede calcular con la siguiente expresión:

$$I_{\text{arranque}} = \frac{S_{\text{arranque}}}{\sqrt{3} V_n} \quad (19.0)$$

donde:

V_n : voltaje nominal (voltios)

La corriente de arranque es la que se presenta al 100% en los arranques del tipo directo y en el tipo arranque estrella triangulo cuando pasa de la conexión estrella a triangulo. En el arranque por soft starter la corriente de arranque se estima entre valores de 3 a 4 veces la corriente nominal (I_n) del motor eléctrico. En el arranque por variador de frecuencia la corriente de arranque nunca sobrepasa la corriente nominal ($I_a = 100\% I_n$) del motor eléctrico durante todo el tiempo de arranque.

2.5.4 Relés de Control e Instrumentación para el control de electrobombas

Los instrumentos se utilizan para medir y/o controlar parámetros de operación tales como: caudal, presión, nivel, velocidad, temperatura, propiedades químicas (ph, conductividad, etc.). Para realizar el control estos instrumentos poseen señales eléctricas de salida (corriente o voltaje) o digitales (ON, OFF) los cuales son recibidos por relés de control, controladores de proceso, plc's, equipos de electrónica de potencia (soft starter, variadores de frecuencia, etc.).

- Transductor de presión, Son instrumentos electrónicos usados para medir la presión estática y presión dinámica. Poseen rangos de presión desde 0,1 – 4000 bar. Son útiles también para medir picos de presiones instantáneas. Poseen señales de salida eléctrica (corriente o voltaje).
- Presostato, También conocido como interruptor de presión, es el controlador de presión más sencillo, y operan en dos posiciones On (arranque) y OFF (parada). Por medio de un botón de ajuste se calibre los valores de presión deseados.
- PLC, Un controlador lógico programable es un controlador programador, es el nombre que se da al tipo de computadora usado para el control en la industria y el comercio. PLC está constituido por un hardware y software con los cuales realizan tareas. El PLC monitorea entradas y otras variables, hace decisiones de acuerdo a un programa y controla salidas para automatizar procesos o una maquina. En control de electrobombas una aplicación común es el alternado de bombas.

CAPITULO III

SISTEMA DE BOMBEO ACTUAL

3.1 LÍNEA DE BOMBEO 1

3.1.1 Descripción

La línea de bombeo instalada consiste en tuberías y accesorios de material en acero inoxidable AISI 304, todas las conexiones son bridadas norma ANSI 150. La línea de bombeo se encuentra ubicada en dos áreas:

- *Cuarto de Bombas:* En esta área se encuentra la cisterna, la tubería de succión y parte de la tubería de descarga, las electrobombas y sus tableros de arranque y control. El cuarto está ubicado en un sótano, siendo la temperatura ambiente de 40 °C en promedio y de alta humedad.
- *Sala de Teñido:* En esta área se encuentra parte de la tubería de descarga y las maquinas de teñido. La sala está ubicado en el primer piso, se tiene una temperatura promedio de 35 grados centígrados.

La línea de bombeo está constituida por:

- 01 Cisterna: Capacidad de 10 m³ (común para línea 1 y 2), construido en concreto, suministro de agua por conexión directa a línea de servicio de agua instalado por sedapal.
- Tubería y accesorios de la succión (común a línea 1 y 2)
- 01 Electrobomba centrífuga monoblock horizontal marca hidrostal, modelo: C1.5X2.5 – 11.5T, con motor de 11.5 HP, 3500 RPM.
- 01 Equipo de bombeo: bomba centrífuga de eje libre marca hidrostal modelo: C2X3, motor eléctrico trifásico marca Weg 25 HP, 3500 RPM, 220vac, acoplamiento flexible tipo Omega
- Tubería y accesorios de la descarga
- 01 Tanque hidroneumático 450 galones
- 01 Tablero de arranque y control, el arranque de la electrobomba de 25 HP es en estrella triangulo, y el arranque de la electrobomba de 11.5 HP es directo.
- 03 Presostatos para el control de presión de la línea de bombeo en modo ON-OFF.

3.1.2 .Modo de operación de las bombas centrífugas

Las electrobombas operan bajo el control de tres presostatos, en modo ON-OFF, regulado entre dos valores límites de presión máximo y mínimo.

La electrobomba hidrostal C1.5x2.5 es la principal. Estando la línea de bombeo vacía, la presión es menor a 28 psi (presión inferior de Presostato 1) se acciona la electrobomba C1.5x2.5 elevando la presión y cuando llega al valor de

70 psi (presión máxima de presostato 1) se apaga la electrobomba C1.5x2.5. Cuando entra a operar solo una de las maquinas de teñido la presión de la línea de bombeo desciende y cuando llega hasta el valor de 28 psi (presión inferior de presostato 1) entra a operar la electrobomba C1.5x2.5 y eleva la presión de la línea de bombeo hasta 31 psi, siendo este el punto de operación del sistema, si a continuación entra a operar otra máquina de teñido, la presión de la línea de bombeo desciende, cuando llega al valor de 28 psi (presión inferior de presostato 2) se acciona la electrobomba C2x3 y se apaga la electrobomba C1.5x2.5, elevando la presión en la línea de bombeo hasta 56 psi, siendo este el punto de operación del sistema, si a continuación entra a operar la tercera maquina teñidora la presión en la línea de bombeo desciende y cuando llega al valor de 52 psi (presión mínima de presostato 3) se accionara la electrobomba de C1.5x2.5 operando en paralelo con la electrobomba C2x3 elevando la presión en la línea de bombeo hasta 66 psi, siendo este el punto de operación del sistema. En el momento en que todas las maquinas teñidoras dejan de operar las electrobombas C1.5x2.5 y C2x3 elevaran la presión de la línea de bombeo, cuando la presión llega al valor de 75 psi (presión máxima de presostato 2 y presostato 3), se desconectan las dos electrobombas. Lo anterior descrito se muestra en la siguiente figura.

Fuente: Datos obtenidos de planta

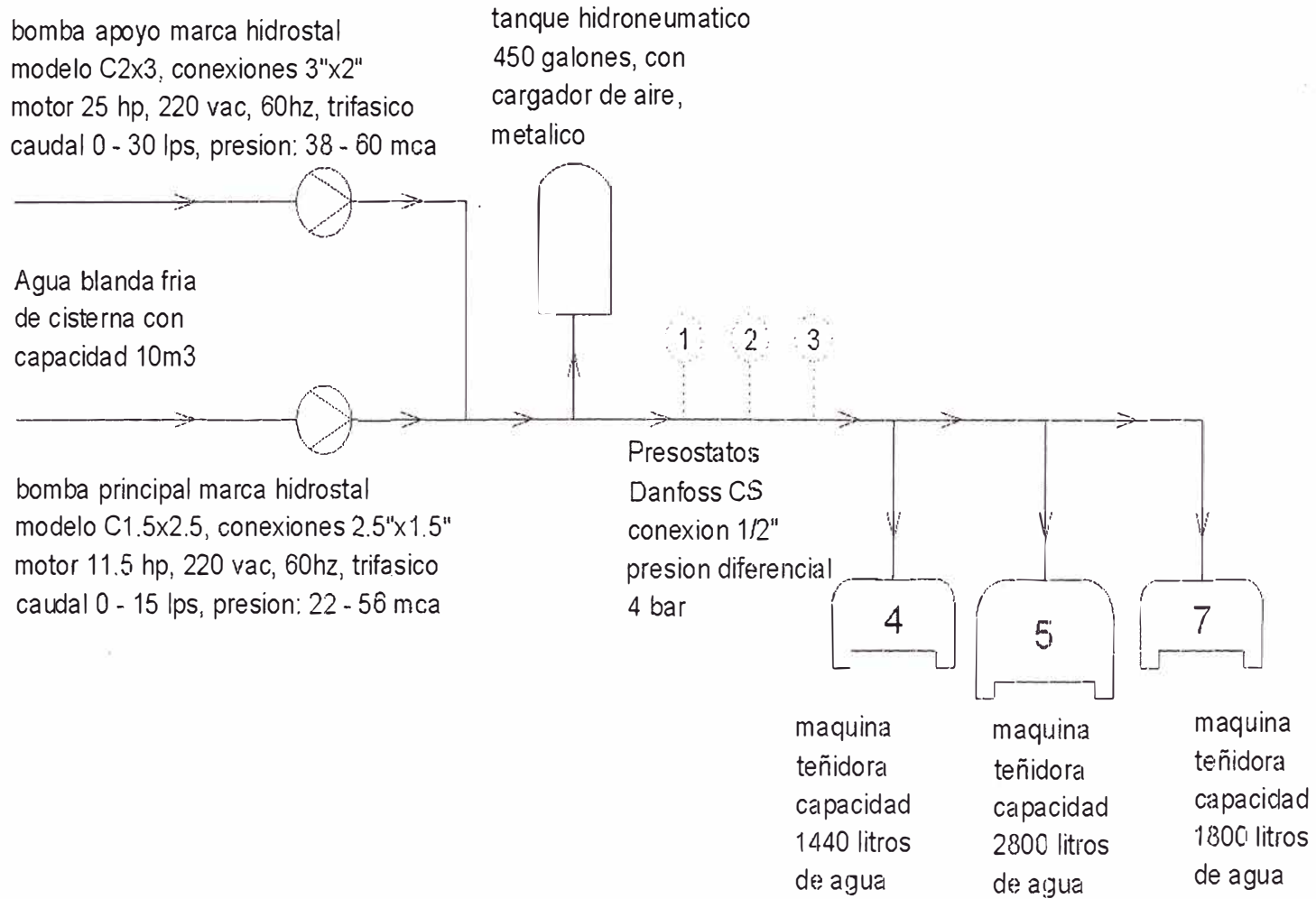


Figura 3.1 Diagrama de proceso línea de bombeo

3.1.3 Metrado

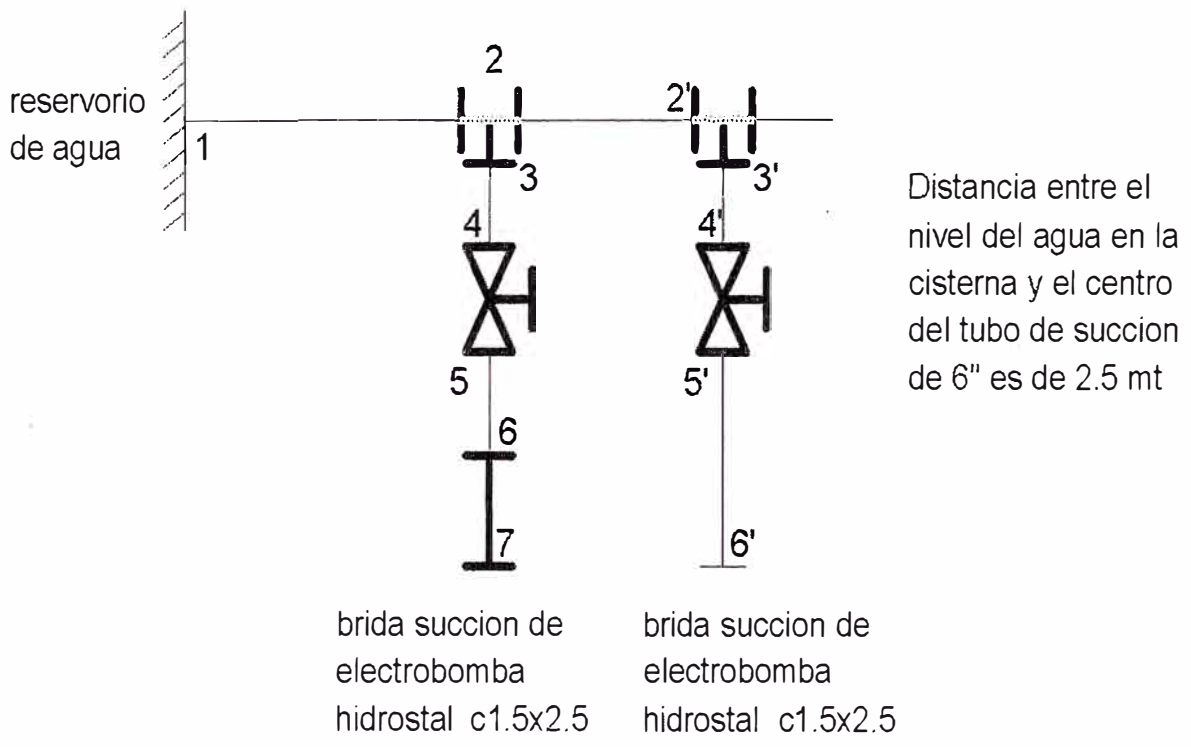
Se detalla en las siguientes tablas el metrado todos los componentes de la línea de succión y descarga de las electrobombas C2.5 y C1.5x2.5, además de las figuras respectivas en donde se muestra la disposición de la línea de succión y descarga de acuerdo a lo descrito en las tablas de metrado.

Tabla 3.1 línea de succión de electrobombas (cuarto de bombeo)

Ítem	Tramo	Descripción
1	1-2	Tubo de acero 6" x 3000 mm
2	2-3	Tee reductora acero 6" a 4"
3	3-4	Tubo de acero 4" x 120 mm
4	4-5	Válvula de bola de acero 4"
5	5-6	Reducción de acero 4" x 3" x 120 mm
6	6-7	Tubo de acero 3" x 200 mm
7	2-2'	Tubo de acero 6" x 1000 mm
8	2'-3'	Tee reductora 6" a 2.5"
9	3'-4'	Tubo de acero 2.5" x 120 mm
10	4'-5'	Válvula de bola 2.5"
11	5'-6'	Tubo de acero 2.5" x 320 mm

Fuente : Datos tomados de la actual instalación de la línea de teñido

Figura 3.2 Esquema de línea de succión de Electrobombas (vista superior)



Fuente : Datos tomados de la actual instalación de la línea de bombeo

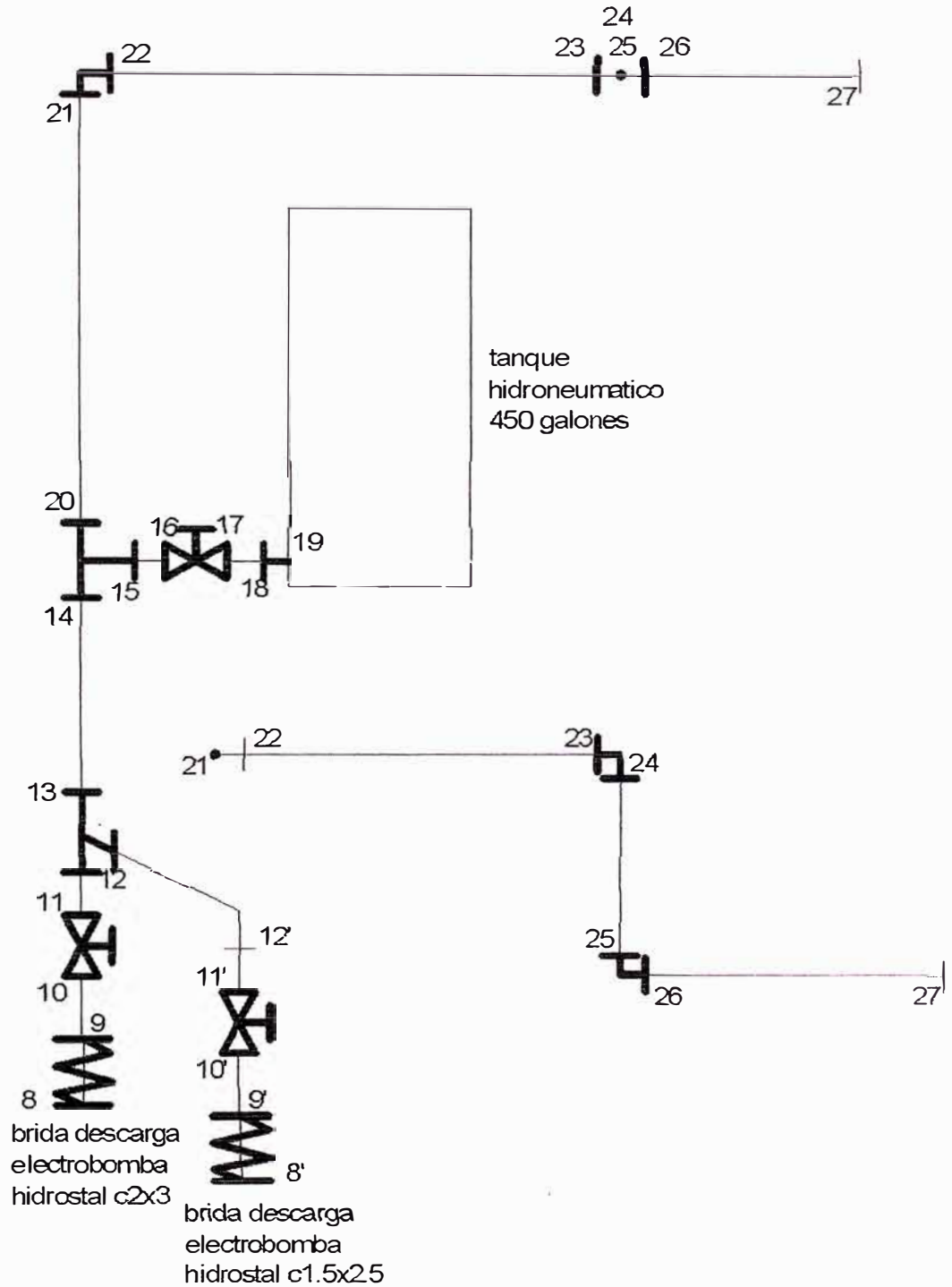
Tabla 3.2 línea de descarga de electrobombas (cuarto de bombeo)

Item	Tramo	Descripción
12	8 – 9	Junta de expansión 2"
13	9 –10	Niple de acero 2" x 120mm
14	10 –11	Válvula de bola de acero 2"
15	11 - 12	Reductor de acero 4" – 2" x120 mm
16	12 - 13	Tee de acero 4" x 2"
17	13 – 14	Tubo de acero 4"x 1500 mm
18	14 - 15 – 20	Tee de acero 4" x 2"
19	15 – 16	Niple de acero 2" x 100 mm
20	16 – 17	Válvula de bola de acero 2"
21	17 - 18	Niple de acero 2" x 150 mm
22	18 – 19	Niple de acero 2" x 150 mm
23	20 – 21	Tubo de acero 4" x 2000 mm
24	21 – 22	Codo acero 4"
25	22 – 23	Tubo de acero 4" x 2000 mm
26	23 – 24	Codo de acero 4"
27	24 – 25	Tubo de acero 4" x 1600 mm
28	25 – 26	Codo de acero 4"
29	26 – 27	Tubo de acero 4" x 4000 mm
30	12 – 12'	Tubo acodado reductor 4" x 1 ½" x 1000 mm
31	11' – 12'	Niple de acero 1 ½" x120 mm
32	10' –11'	Válvula de bola de acero 1 ½"

33	9' – 10'	Niple de acero 1 ½" x 90mm
34	8' – 9'	Junta de expansión 1 ½"

Fuente : Datos tomados de la actual instalación de la línea de teñido

Figura 3.3 Esquema línea de descarga de electrobombas
(Cuarto de bombas)



Fuente : Datos tomados de la actual instalación de la línea de teñido

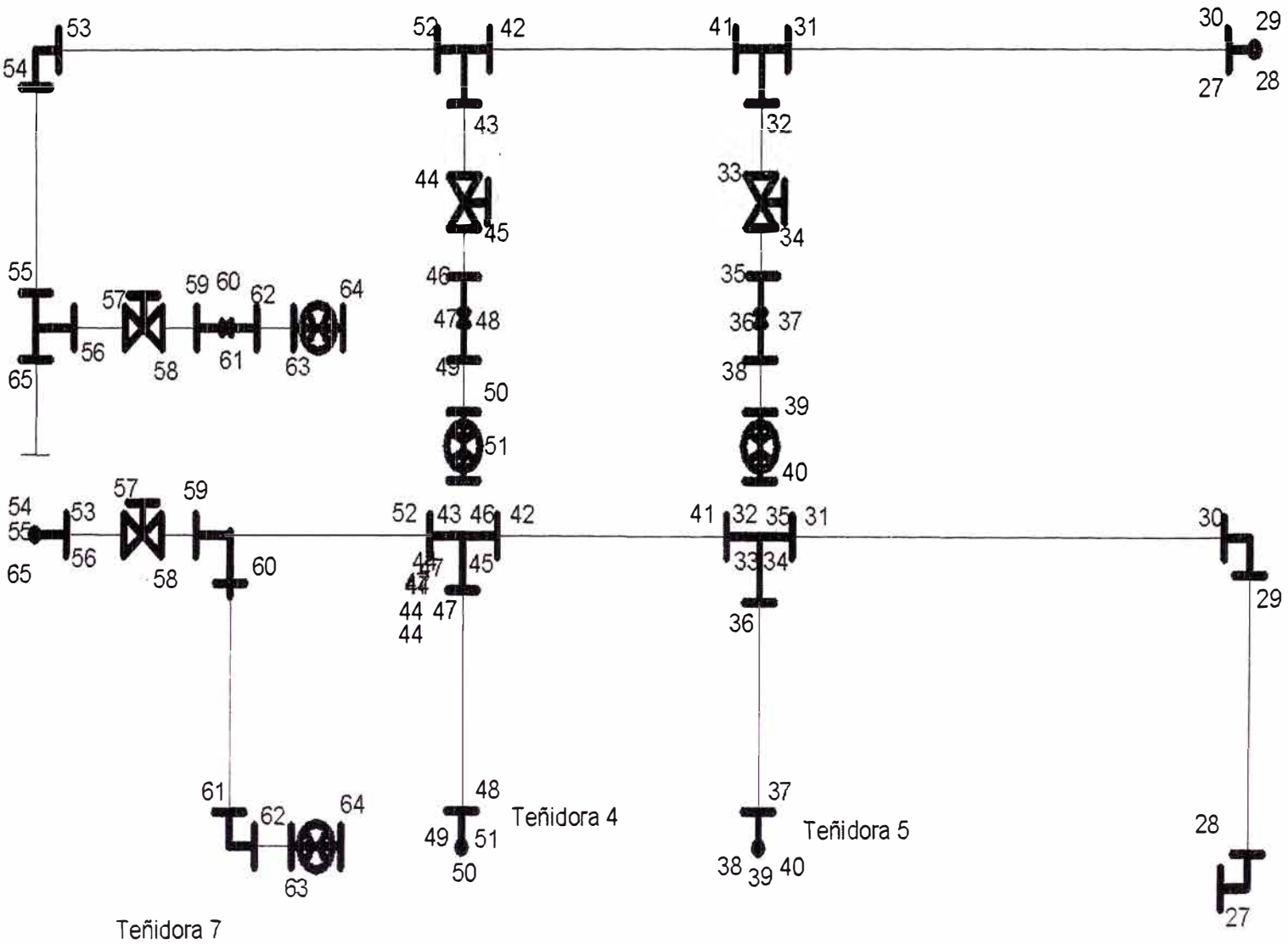
Tabla 3.3 Línea de descarga de electrobombas (sala de teñido)

ítem	Tramo	Descripción
35	27 -28	Codo de acero inox 4"
36	28 – 29	Tubo de acero inox 4" x 4000 mm
37	29 – 30	Codo de acero inox 4"
38	30 - 31	Tubo de acero inox 4" x 10000 mm
39	31 – 32 – 41	Tee acero inox 4" x 2"
40	32 – 33	Niple acero inox 2" x 300 mm
41	33 – 34	Válvula bola acero inox 2"
42	34 – 35	Niple de acero inox 2" x 300 mm
43	35 – 36	Codo de acero inox 2"
44	36 – 37	Tubo de acero inox 2" x 3000 mm
45	37 – 38	Codo de acero inox 2"
46	38 – 39	Niple de acero inox 2" x 200 mm
47	39 – 40	Medidor de flujo 2"
48	41 – 42	Tubo de acero 4" x 4000 mm
49	42 – 43 - 52	Tee acero inox 4" x 2"
50	43 – 44	Niple acero inox 2" x 300 mm
51	44 – 45	Válvula bola acero inox 2"
52	45 – 46	Niple de acero inox 2" x 300 mm
53	46 – 47	Codo de acero inox 2"
54	47 – 48	Tubo de acero inox 2" x 3000 mm
55	48 – 49	Codo de acero inox 2"
56	49 – 50	Niple de acero inox 2" x 200 mm

57	50 – 51	Medidor de flujo 2"
58	52 – 53	Tubo de acero inox 2" x 3000 mm
59	53 – 54	Codo de acero inox 2"
60	54 – 55	Tubo de acero inox 2" x 3000 mm
61	55 – 56 – 65	Tee acero inox 4" x 2"
62	56 – 57	Niple acero inox 2" x 300 mm
46	57 – 58	Válvula bola acero inox 2"
47	58 – 59	Niple de acero inox 2" x 300 mm
48	59 – 60	Codo de acero inox 2"
49	60 – 61	Tubo de acero inox 2" x 3000 mm
50	61 – 62	Codo de acero inox 2"
51	62 – 63	Niple de acero inox 2" x 200 mm
52	63 – 64	Medidor de flujo 2"

Fuente : Datos tomados de la actual instalación de la línea de teñido

Figura 3.4 Esquema línea de descarga de electrobombas (Sala de teñido)



Fuente : Datos tomados de la actual instalación de la línea de teñido

3.1.4 Análisis de las curvas del sistema con curvas de performance de las electrobombas

Utilizando los datos del metrado de la línea de bombeo 1 y aplicando el método de cálculo de pérdidas en tuberías ramificadas, descritos en la sección 2.3 se construyen las curvas del sistema cuando operan una o más máquinas teñidoras. Se presentan a continuación las figuras de las curvas de sistemas para cuando opera una o más máquinas teñidoras con las curvas de performance de las electrobombas correspondientes.

En la figura 3.5 se muestra la curva del sistema de la línea de bombeo 1 cuando opera solamente una máquina teñidora, en este caso el sistema de arranque y control acciona la electrobomba hidrostal C1.5x2.5 mostrándose su curva de performance.

En la figura 3.6 se muestra la curva de sistema de la línea de bombeo 1 cuando opera solamente dos máquinas teñidoras, en este caso el sistema de arranque y control apaga la electrobomba hidrostal C1.5x2.5 y acciona la electrobomba hidrostal C2x3 mostrándose su curva de performance.

En la figura 3.7 se muestra la curva de sistema de la línea de bombeo 1 cuando operan las tres máquinas teñidoras, en este caso el sistema de arranque y control accionan las electrobombas hidrostal C2x3 y C1.5x2.5 mostrándose su curva de performance actuando de manera paralela.

Fuente: propia

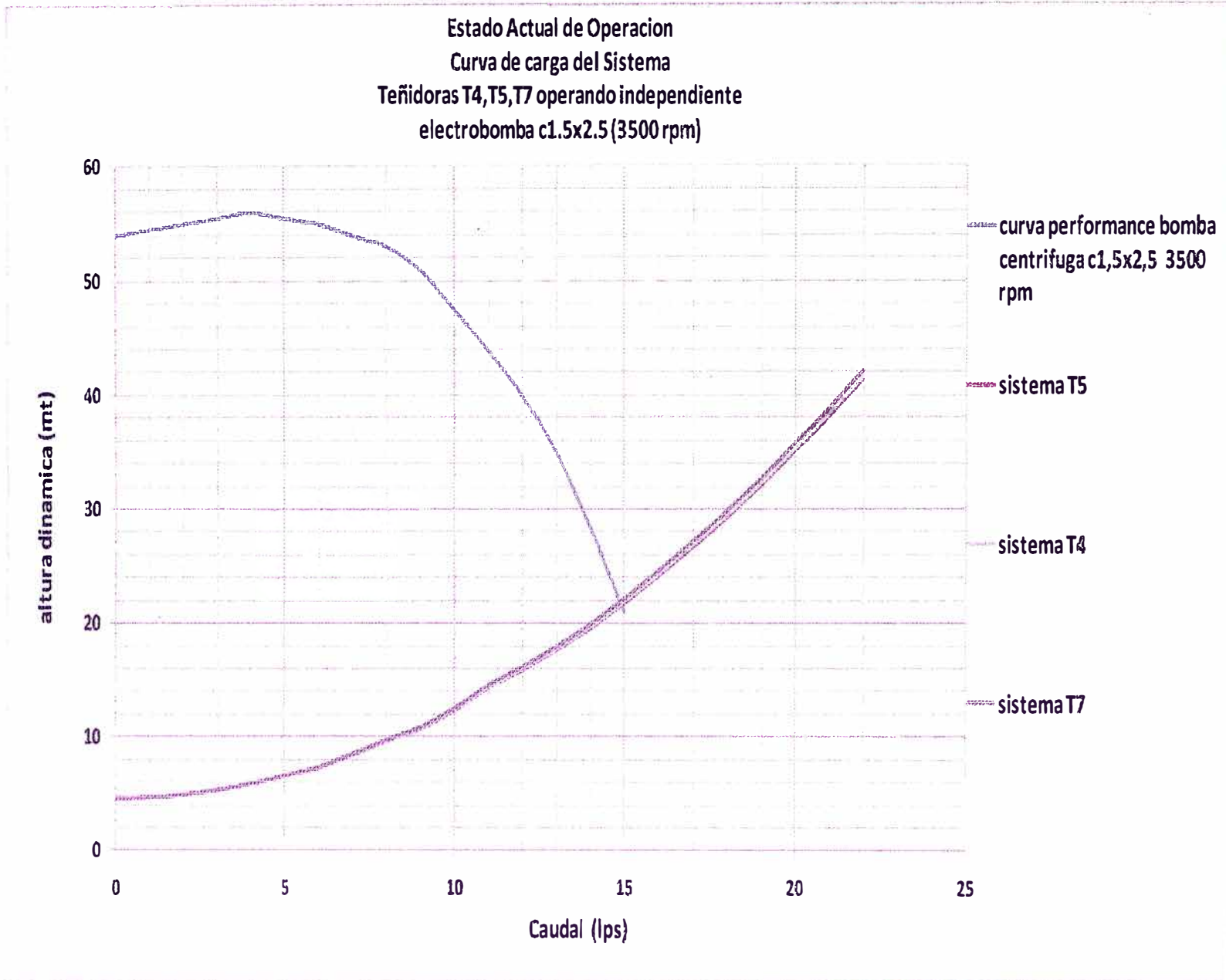


Figura 3.5

Fuente: propia

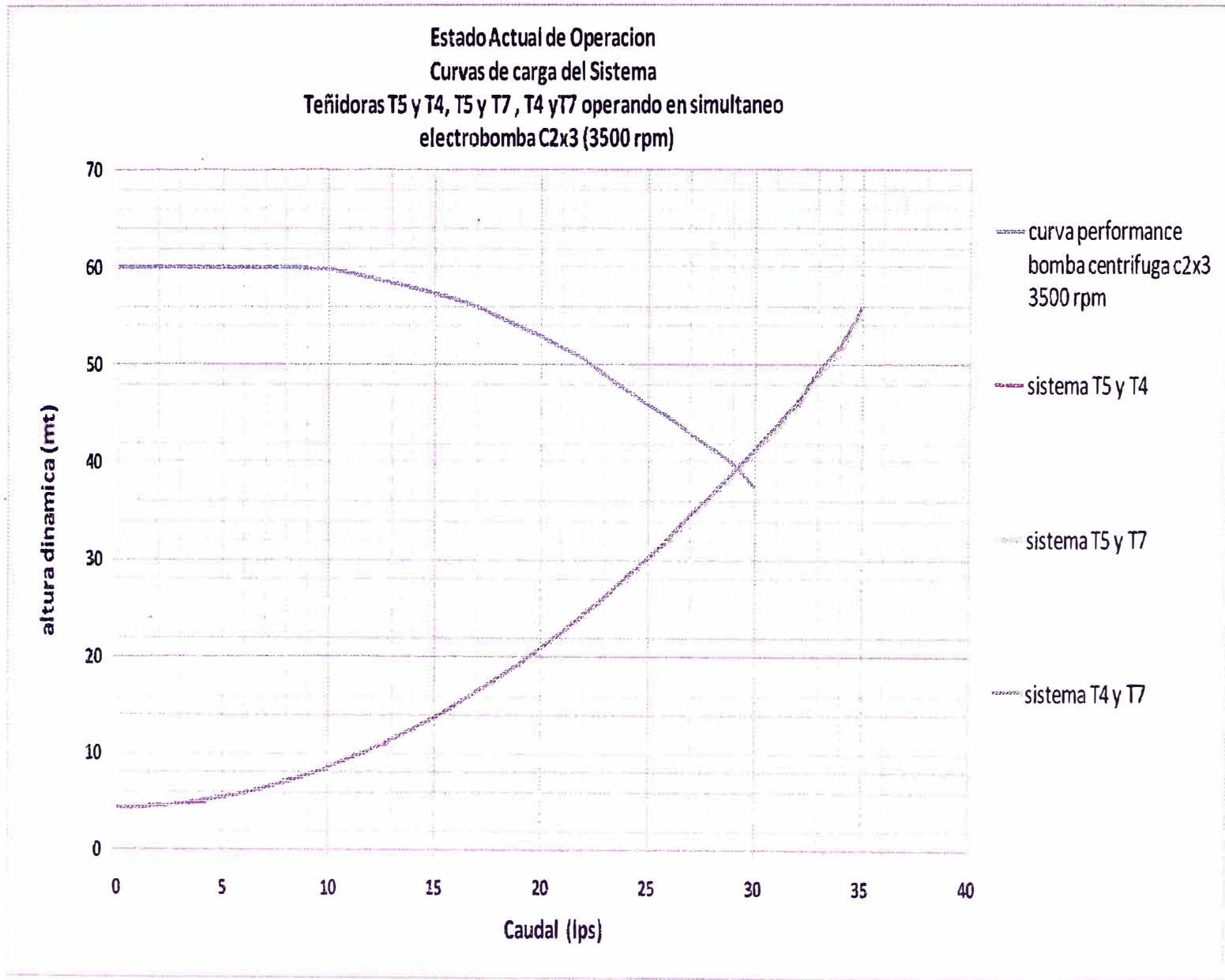


Figura 3.6

Fuente: propia

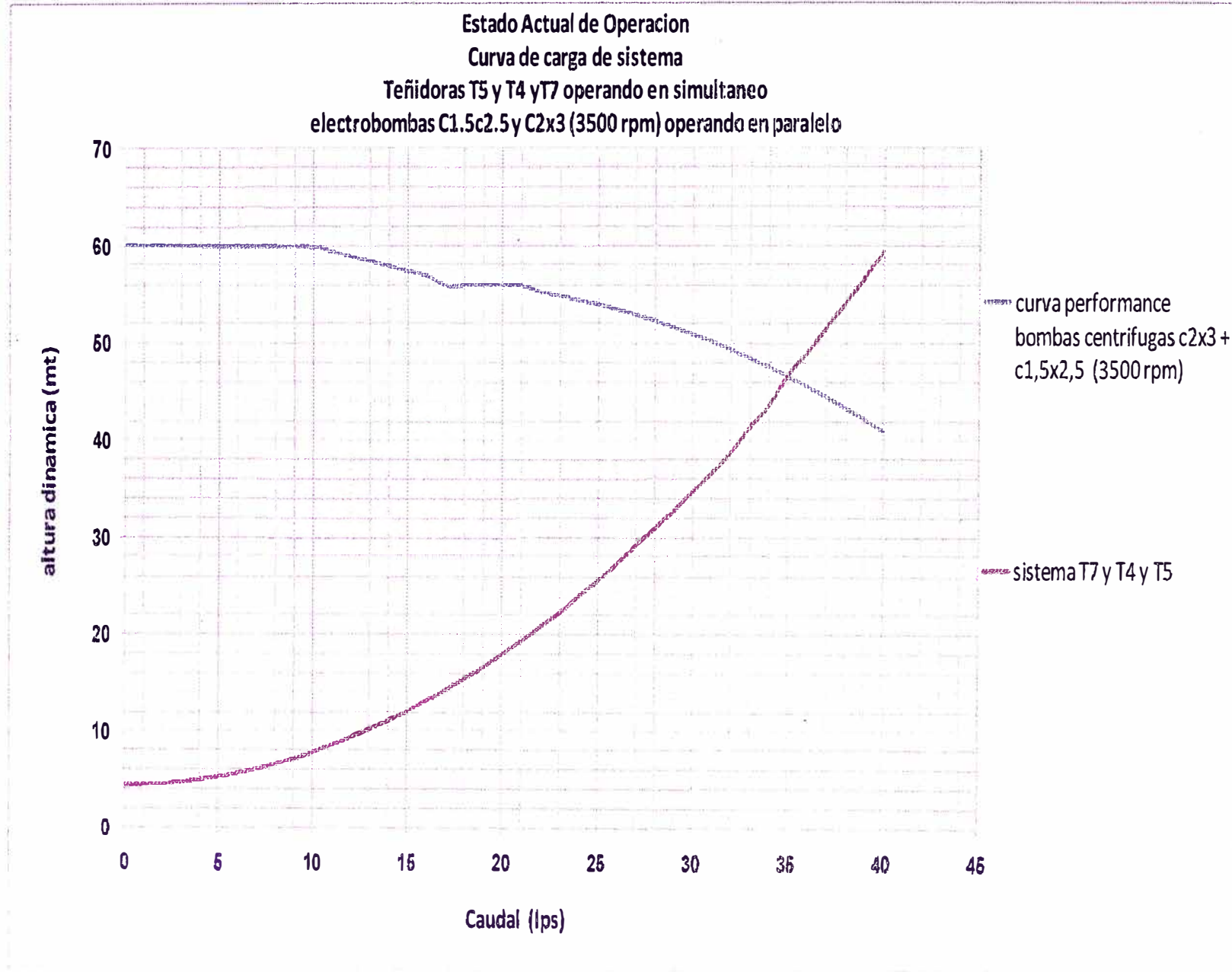


Figura 3.7

A continuación se elabora un cuadro en el cual se muestran los puntos de operación (altura dinámica total, caudal y potencia absorbida de las bombas) que resultan de la intersección de las curvas de operación de las electrobombas de C1.5x2.5 y C2x3 con las curvas de sistema cuando opera una o más maquinas teñidoras.

Tabla 3.4 Puntos de Operación actuales

Teñidora	Bomba	Velocidad RPM	Caudal Teñidora Lps	Caudal bombas lps	Altura bombas m H2O	Potencia bombas HP
T4	C1,5x2,5	3500	14,7	14,7	21,5	11,2
T5	C1,5x2,5	3500	14,8	14,8	21,5	11,3
T7	C1,5x2,5	3500	14,6	14,6	21,5	11,1
T4 y T5	C2x3	3500	15,0 y 14,0	29,0	38,0	24,4
T4 y T7	C2x3	3500	15,0 y 14,0	29,0	38,0	24,4
T5 y T7	C2x3	3500	15,0 y 14,0	29,0	38,0	24,4
T4 y T5 y T7	C1,5x2,5 // C2x3	3500	11,5 y 11,5 y 11,5	35,0	47,0	9,5+22,5

Fuente: Curva de performance de bombas hidrostal C1.5x2.5 y C2x3
Curvas de sistemas al operar las maquinas teñidoras

Del cuadro anterior se observa que cuando operan solamente una maquina teñidora o dos maquinas teñidoras en simultaneo no se consigue la presión en la línea de bombeo requerida por el fabricante de la maquina teñidora. La operación en simultaneo de dos maquinas teñidoras (siempre una de ellas es la maquina teñidora 7) siempre se programa en producción. Además si queremos obtener mayores caudales en la línea de bombeo utilizando bombas

más grandes, con lo cual conseguiríamos tener un menor tiempo de llenado en la maquina teñidora grande, estos caudales (mayores a 35 lps) generarían curvas de sistemas con altos valores de pérdidas de presión (cercanos a los 100 mca) en la tubería de 2”.

3.1.5 Requerimientos de proceso de llenado

La línea tiene que suministrar agua a las siguientes maquinas:

Tabla 3.5 Consumo de agua en las teñidoras

Descripción	Volumen de agua (litros)
Maquina 4	1440
Maquina 5	2800
Maquina 7	1800

Fuente: Datos de maquinas actuales en operación

Debido al incremento de la producción se requiere que el llenado se sea en un tiempo menor, especialmente en la máquina de mayor volumen.

La siguiente tabla muestra el tiempo de llenado de las maquinas teñidoras. $\text{Tiempo} = \text{volumen de la teñidora} / \text{caudal de bombeo}$. Operando individualmente o de manera simultánea. Los datos se tomaron de las tablas 3.4 y 3.5.

Tabla 3.6 Tiempos de Llenados actuales

Teñidora	Bomba	Caudal Teñidora lps	Tiempo de Llenado min
T4	C1,5x2,5	14,7	1,63
T5	C1,5x2,5	14,8	3,15
T7	C1,5x2,5	14,6	2,05
T4 y T5	C2x3	15,0 y 14,0	1,6 y 3,3
T4 y T7	C2x3	15,0 y 14,0	1,6 y 2,1
T5 y T7	C2x3	15,0 y 14,0	3,1 y 2,1
T4 y T5 y T7	C1,5x2,5 y C2x3	11,5 y 11,5 y 11,5	2,1 y 4,1 y 2,6

Fuente: Propia

Del cuadro anterior se observa la maquina teñidora 5, la cual es la de mayor capacidad, se llena en un tiempo de 3.3 min (2800 lt / 14 lps) cuando opera en simultaneo con la maquina teñidora 4. Además se observa la maquina teñidora 5 se llena en 3.1 min (2800 lt / 15 lps) cuando opera en simultaneo con la maquina teñidora 7. Indicamos que la operación en simultaneo de dos maquinas teñidoras es lo que ocurre generalmente.

3.1.6 Evaluación del modo de arranque de las electrobombas

La electrobomba de 25 HP arranca mediante el tipo de arranque estrella triangulo, el motor eléctrico es de la marca weg, construido bajo normas IEC, velocidad 3500 rpm, trifásico, tensión de 220 vac, frecuencia de 60 hz.

$$I_a / I_n = 5,0$$

$$I_n = 70,0 \text{ amp}$$

$$I_a = 350,0 \text{ amp}$$

$$P_{\text{instantanea}} = 1,73 \times 220 \times 350 \times 0.85 / 1000 = 113,23 \text{ kW}$$

La electrobomba de 11.5 HP se arranca mediante el tipo de arranque directo, el motor eléctrico es de la marca weg, construido bajo normas IEC, velocidad 3500 rpm, trifásico, a una tensión de 220 vac, frecuencia de 60 hz

$$I_a / I_n = 6,8$$

$$I_n = 32,0 \text{ amp}$$

$$I_a = 249,6 \text{ amp}$$

$$P_{\text{instantanea}} = 1,73 \times 220 \times 249.6 \times 0.85 / 1000 = 80,75 \text{ kW}$$

3.2 LÍNEA DE BOMBEO 2

3.2.1 Descripción

La línea de bombeo instalada consiste en tuberías y accesorios de material en acero inoxidable AISI 304, todas las conexiones son bridas norma ANSI 150. La línea de bombeo se encuentra ubicada en dos áreas:

- *Cuarto de Bombas:* En esta área se encuentra la cisterna, la tubería de succión y parte de la tubería de descarga, las electrobombas y sus tableros de arranque y control. El cuarto está ubicado en un sótano, siendo la temperatura ambiente de 40 °C en promedio y de alta humedad.
- *Sala de Teñido:* En esta área se encuentra parte de la tubería de descarga y las máquinas de teñido. La sala está ubicada en el primer piso, se tiene una temperatura promedio de 35 grados centígrados.

La línea de bombeo esta línea está constituida por:

- *01 Cisterna:* Capacidad de 10 m³ (común para línea 1 y 2), construido en concreto, suministro de agua por conexión directa a línea de servicio de agua instalado por sedapal.
- Tubería y accesorios de la succión (común a línea 1 y 2)
- 01 Electrobomba centrífuga monoblock horizontal marca hidrostal, modelo: C1.5X2.5 – 11.5T, con motor de 11.5 HP, 3500 RPM
- 01 Equipo de bombeo: bomba centrífuga de eje libre marca hidrostal modelo: C2X3, motor eléctrico trifásico marca Weg 25 HP, 3500 RPM, 220vac, acoplamiento flexible tipo Omega
- Tubería y accesorios de la descarga

- 01 Tanque hidroneumático 450 galones
- 01 Tablero de arranque y control, el arranque de la electrobomba de 25 HP es en estrella triangulo, y el arranque de la electrobomba de 11.5 HP es directo.
- 03 Presostatos para el control de presión de la línea de bombeo en modo ON-OFF.

3.2.2 Modo de operación

Las electrobombas operan bajo el control de tres presostatos, en modo ON-OFF, regulado entre dos valores limites de presión máximo y mínimo.

La electrobomba hidrostal C1.5x2.5 es la principal. Estando la línea de bombeo vacía, la presión es menor a 23 psi (presión inferior de Presostato 1) se acciona la electrobomba C1.5x2.5 elevando la presión y cuando llega al valor de 70 psi (presión máxima de presostato 1) se apaga la electrobomba C1.5x2.5. Cuando entra operar solo una de las maquinas de teñido la presión de la línea de bombeo desciende y cuando llega hasta el valor de 23 psi (presión inferior de presostato 1) entra a operar la electrobomba C1.5x2.5 y eleva la presión de la línea de bombeo hasta 31 psi, siendo este el punto de operación del sistema, si a continuación entra a operar otra máquina de teñido la presión de la línea de bombeo desciende, al llegar al valor de 23 psi (presión inferior de presostato 2) se acciona la electrobomba C2x3 y se apaga la electrobomba C1.5x2.5, elevando la presión en la línea de bombeo hasta 57 psi, siendo este el punto de operación del sistema, si a continuación entra a operar la tercera maquina teñidora o todas las maquinas teñidoras, la presión en la línea de bombeo

desciende y cuando llega al valor de 51 psi (presión mínima de presostato 3) se accionara la electrobomba de C1.5x2.5 operando en paralelo con la electrobomba C2x3 elevando la presión en la línea de bombeo hasta 65 psi, siendo este el punto de operación del sistema. En el momento en que todas las maquinas teñidoras dejan de operar las electrobombas C1.5x2.5 y C2x3 elevaran la presión de la línea de bombeo, cuando la presión llega al valor de 75 psi (presión máxima de presostato 2 y presostato 3), se desconectan las dos electrobombas. Lo anterior descrito se muestra en la siguiente figura

Fuente: Datos obtenidos de planta

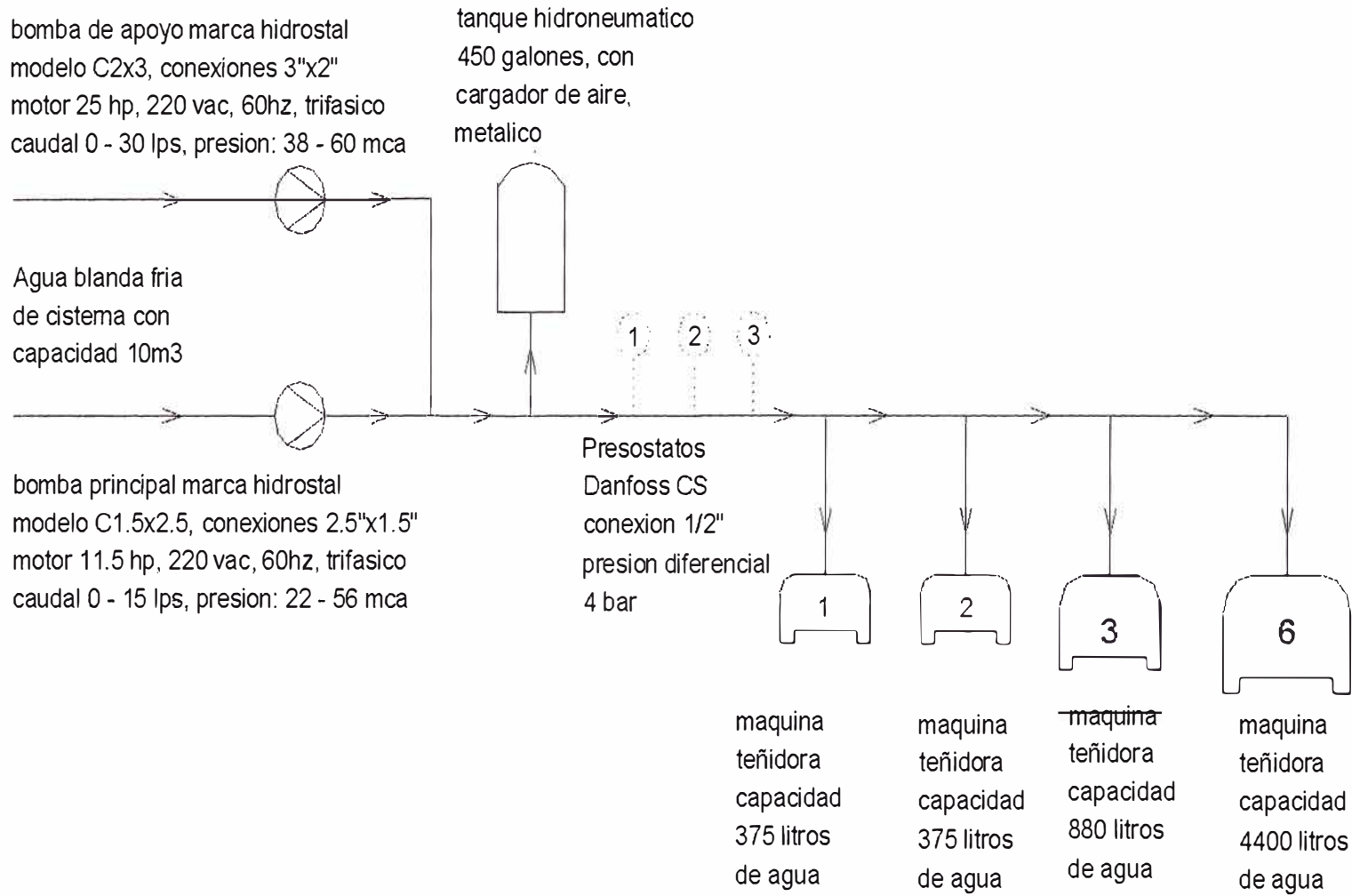


Figura 3.8 Diagrama de proceso línea de bombeo

3.2.3 Metrado

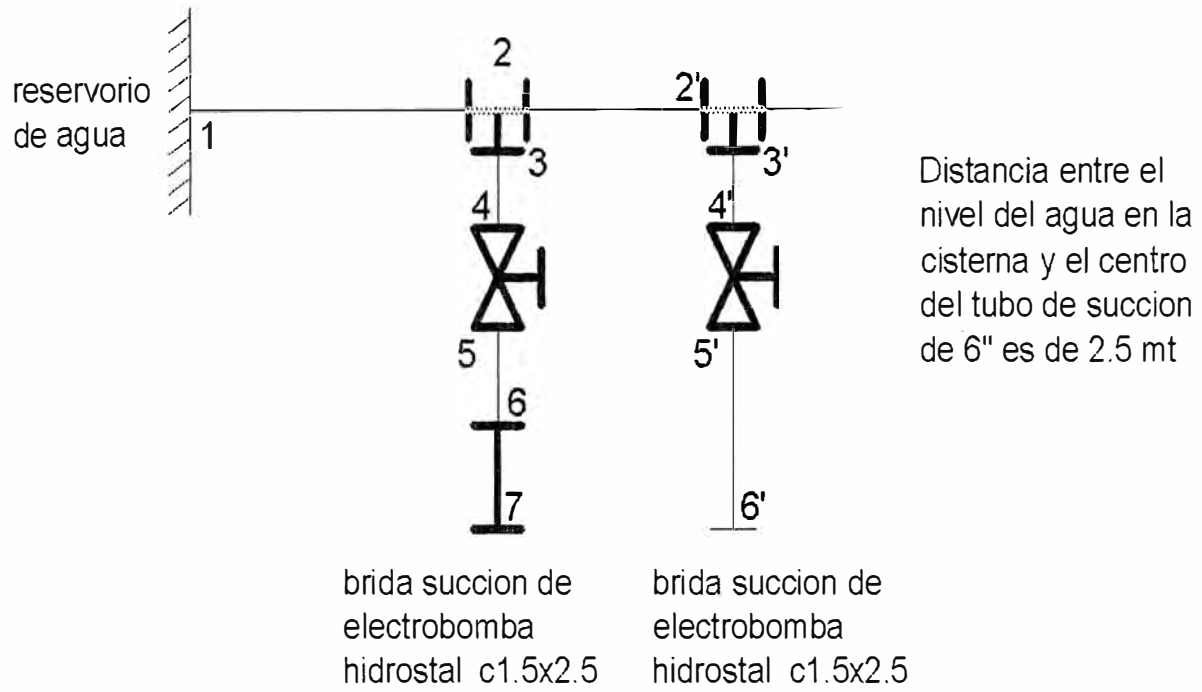
Se detalla en las siguientes tablas de metrado todos los componentes de la línea de succión y descarga de las electrobombas C2.5 y C1.5x2.5, además de las figuras respectivas en donde se muestra la disposición de la línea de succión y descarga de acuerdo a lo descrito en las tablas de metrado.

Tabla 3.7 Línea de succión de electrobombas (cuarto de bombeo)

Ítem	Tramo	Descripción
1	1-2	Tubo de acero 6" x 500 mm
2	2-3	Tee reductora acero 6" a 4"
3	3-4	Tubo de acero 4" x 120 mm
4	4-5	Válvula de bola de acero 4"
5	5-6	Reducción de acero 4" x 3" x 120 mm
6	6-7	Tubo de acero 3" x 200 mm
7	2-2'	Tubo de acero 6" x 1000 mm
8	2'-3'	Tee reductora 6" a 2.5"
9	3'-4*	Tubo de acero 2.5" x 120 mm
10	4'-5'	Válvula de bola 2.5"
11	5'-6'	Tubo de acero 2.5" x 320 mm

Fuente : Datos tomados de la actual instalación de la línea de teñido

Figura 3.9 Esquema de línea de succión de Electrobombas (vista superior)



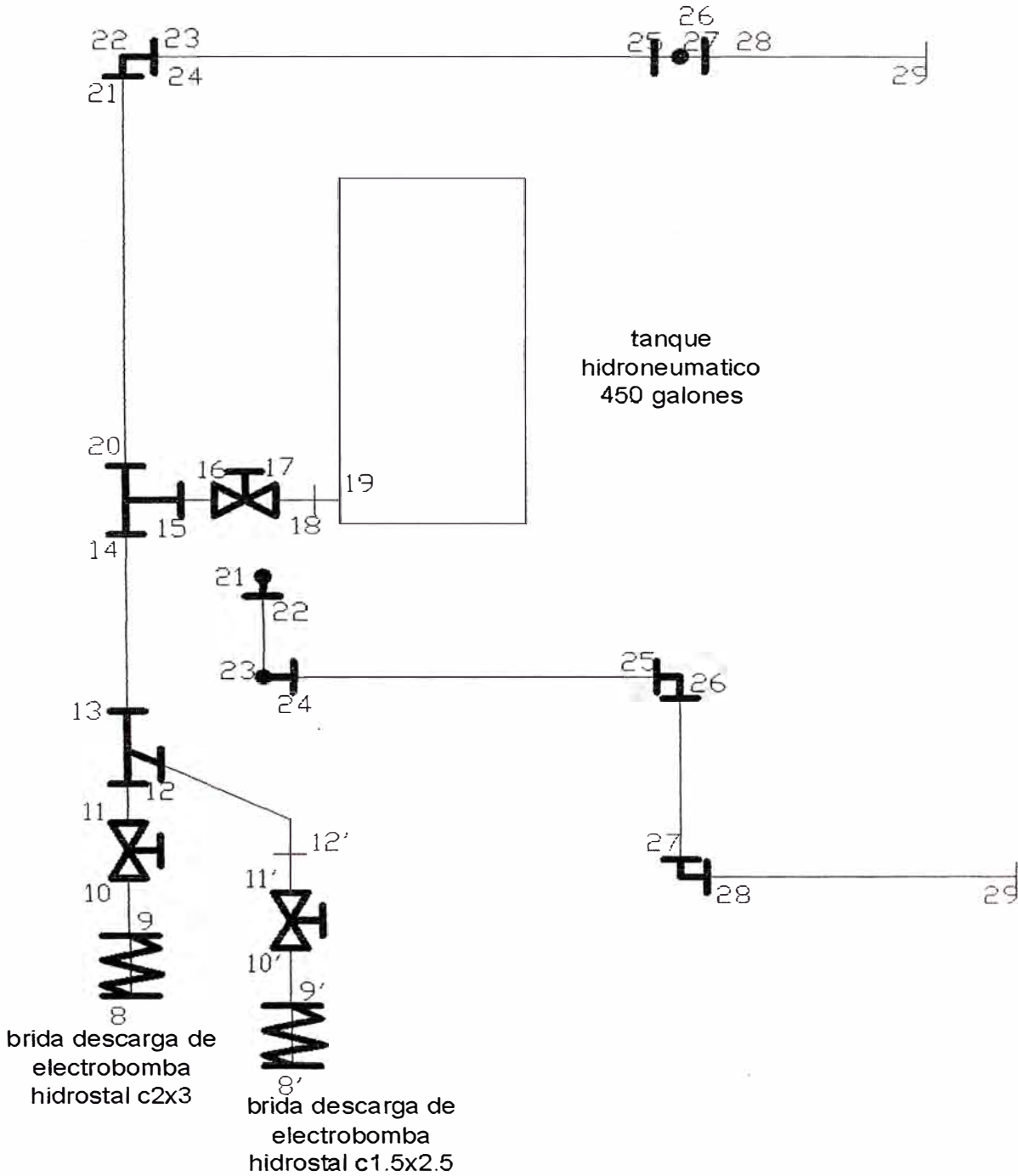
Fuente : Datos tomados de la actual instalación de la línea de bombeo

Tabla 3.8 línea de descarga de electrobombas (cuarto de bombeo)

Ítem	Tramo	Descripción
12	8 – 9	Junta de expansión 2"
13	9 –10	Niple de acero 2" x 120mm
14	10 –11	Válvula de bola de acero 2"
15	11 - 12	Reductor de acero 4"x2" 120 mm
16	12 – 13 – 12'	Tee de acero 4" x 2"
17	13 - 14	Tubo de acero 4"x 1500 mm
18	14 – 20 - 15	Tee de acero 4" x 2"
19	15 - 16	Niple de acero 2" x 100 mm
20	16 – 17	Válvula de bola de acero 2"
21	17 – 18	Niple de acero 2" x 150 mm
22	18 – 19	Niple de acero 2" x 150 mm
23	20 – 21	Tubo de acero 4" x 2000 mm
24	21 – 22	Codo acero 4"
25	22 – 23	Tubo de acero 4" x 400 mm
26	23 – 24	Codo de acero 4"
27	24 – 25	Tubo de acero 4" x 3600 mm
28	25 – 26	Codo de acero 4"
29	26 – 27	Tubo de acero 4" x 2000 mm
30	27 – 28	Codo de acero 4"
31	28 – 29	Tubo de acero 4" x 4500 mm

Fuente : Datos tomados de la actual instalación de la línea de teñido

Figura 3.10 Esquema línea de descarga de electrobombas
(Cuarto de bombas)



Fuente : Datos tomados de la actual instalación de la línea de teñido

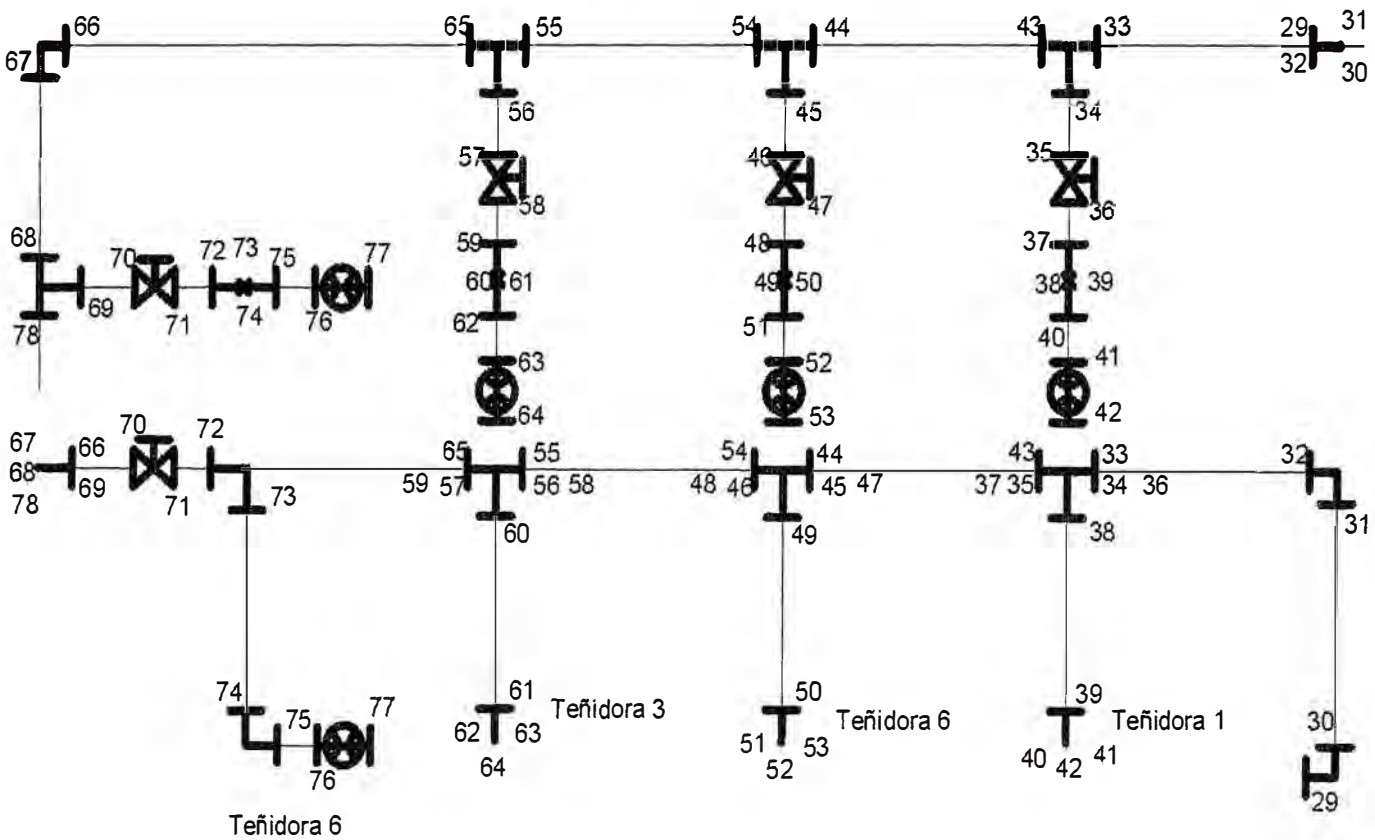
Tabla 3.9 Línea de descarga de electrobombas (sala de teñido)

Ítem	Tramo	Descripción
32	29 – 30	Codo de acero inox 4"
33	30 – 31	Tubo de acero inox 4" x 4000 mm
34	31 – 32	Codo de acero inox 4"
35	32 – 33	Tubo de acero inox 4" x 1000 mm
36	33 – 34 – 43	Tee acero inox 4" x 2"
37	34 – 35	Niple acero inox 2" x 300 mm
38	35 – 36	Válvula bola acero inox 2"
39	36 – 37	Niple de acero inox 2" x 300 mm
40	37 – 38	Codo de acero inox 2"
41	38 – 39	Tubo de acero inox 2" x 3000 mm
42	39 – 40	Codo de acero inox 2"
43	40 – 41	Niple de acero inox 2" x 200 mm
44	41 – 42	Medidor de flujo 2"
45	43 – 44	Tubo de acero 4" x 3000 mm
46	44 – 45 – 54	Tee acero inox 4" x 2"
47	45 – 46	Niple acero inox 2" x 300 mm
48	46 – 47	Válvula bola acero inox 2"
49	47 – 48	Niple de acero inox 2" x 300 mm
50	48 – 49	Codo de acero inox 2"
51	49 – 50	Tubo de acero inox 2" x 3000 mm
52	50 – 51	Codo de acero inox 2"
53	51 – 52	Niple de acero inox 2" x 200 mm

54	52 – 53	Medidor de flujo 2"
55	54 – 55	Tubo de acero inox 4" x 9000 mm
56	55 – 56 – 65	Tee acero inox 4" x 2"
57	56 – 57	Niple acero inox 2" x 300 mm
58	57 – 58	Válvula bola acero inox 2"
59	58 – 59	Niple acero inox 2" x 300 mm
60	59 – 60	Codo de acero inox 2"
61	60 – 61	Tubo de acero inox 2" x 3000 mm
62	61 – 62	Codo de acero inox 2"
63	62 – 63	Niple acero inox 2" x 300 mm
64	63 – 64	Medidor de flujo 2"
65	65 – 66	Tubo de acero inox 4" x 2000 mm
66	66 – 67	Codo de acero inox 4"
67	67 – 68	Tubo de acero inox 4" x 10000 mm
68	68 – 69 – 78	Tee acero inox 4" x 2"
69	69 – 70	Niple acero inox 2" x 300 mm
70	70 – 71	Válvula bola acero inox 2"
71	71 – 72	Niple acero inox 2" x 300 mm
72	72 – 73	Codo de acero inox 2"
73	73 – 74	Tubo de acero inox 2" x 3000 mm bridado
74	74 – 75	Codo de acero inox 2"
75	75 – 76	Niple acero inox 2" x 300 mm
76	76 – 77	Medidor de flujo 2"

Fuente : Datos tomados de la actual instalación de la línea de teñido

Figura 3.11 Esquema línea de descarga de electrobombas
(Sala de teñido)



Fuente : Datos tomados de la actual instalación de la línea de teñido

3.2.4 Análisis de las curvas del sistema con curvas de performance de las electrobombas

Utilizando los datos del metrado de la línea de bombeo 2 y aplicando el método de cálculo de pérdidas en tuberías ramificadas descritos en la sección 2.3 se construyen las curvas del sistema cuando operan una o más maquinas teñidoras. Se presentan a continuación las figuras de las curvas de sistemas para cuando opera una o más maquinas teñidoras con las curvas de performance de las electrobombas correspondientes

En la figura 3.12 se muestra la curva del sistema de la línea de bombeo 2 cuando opera solamente una maquina teñidora, en este caso el sistema de arranque y control acciona la electrobomba hidrostal C1.5x2.5 mostrándose su curva de performance.

En la figura 3.13 se muestra la curva de sistema de la línea de bombeo 2 cuando opera solamente dos maquinas teñidoras, en este caso el sistema de arranque y control apaga la electrobomba hidrostal C1.5x2.5 y acciona la electrobomba hidrostal C2x3 mostrándose su curva de performance.

En la figura 3.14 se muestra la curva de sistema de la línea de bombeo 2 cuando operan tres o cuatro maquinas teñidoras, en este caso el sistema de arranque y control accionan las electrobombas hidrostal C2x3 y C1.5x2.5 mostrándose su curva de performance actuando de manera paralela.

Fuente: propia

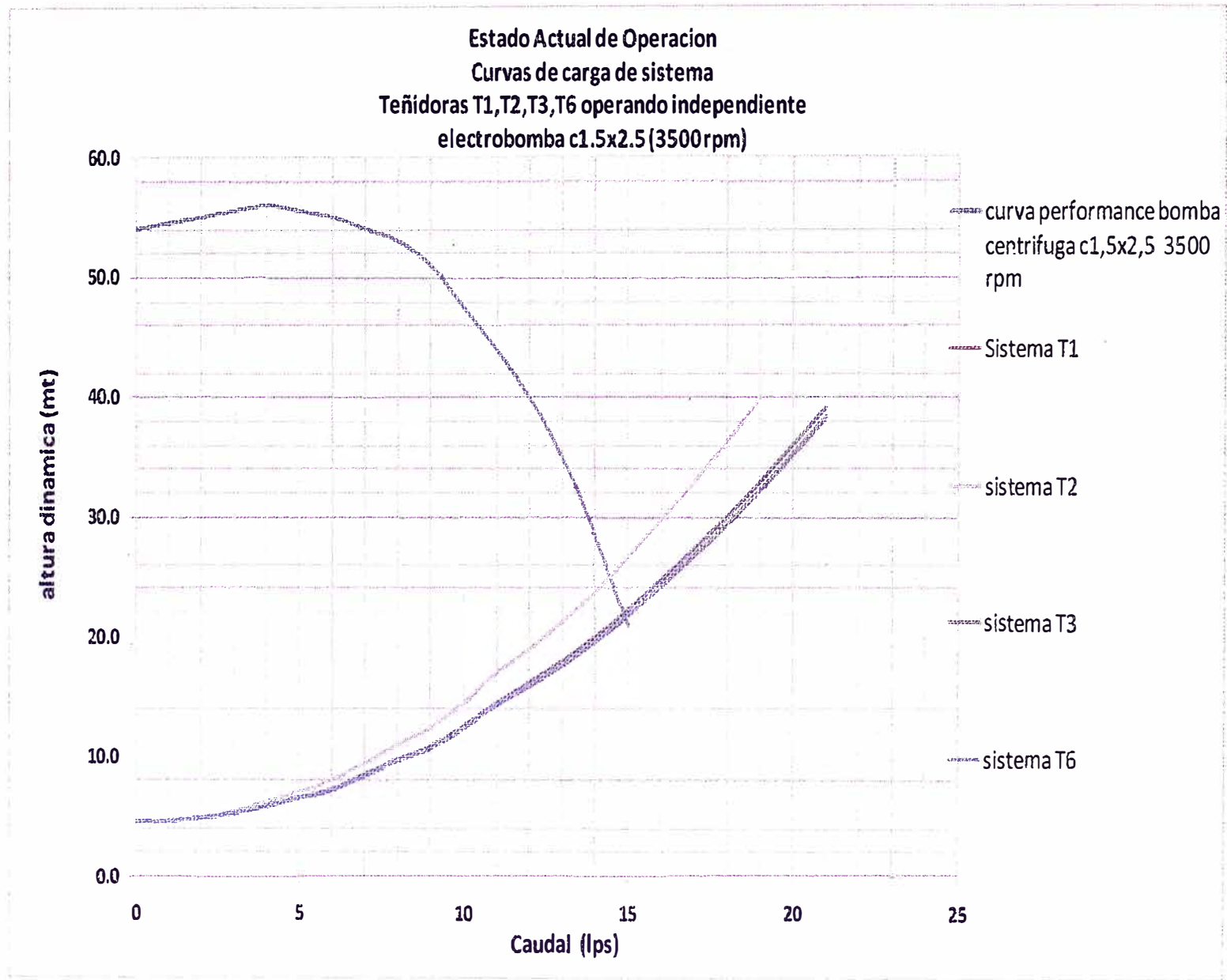


Figura 3.12

Fuente: propia

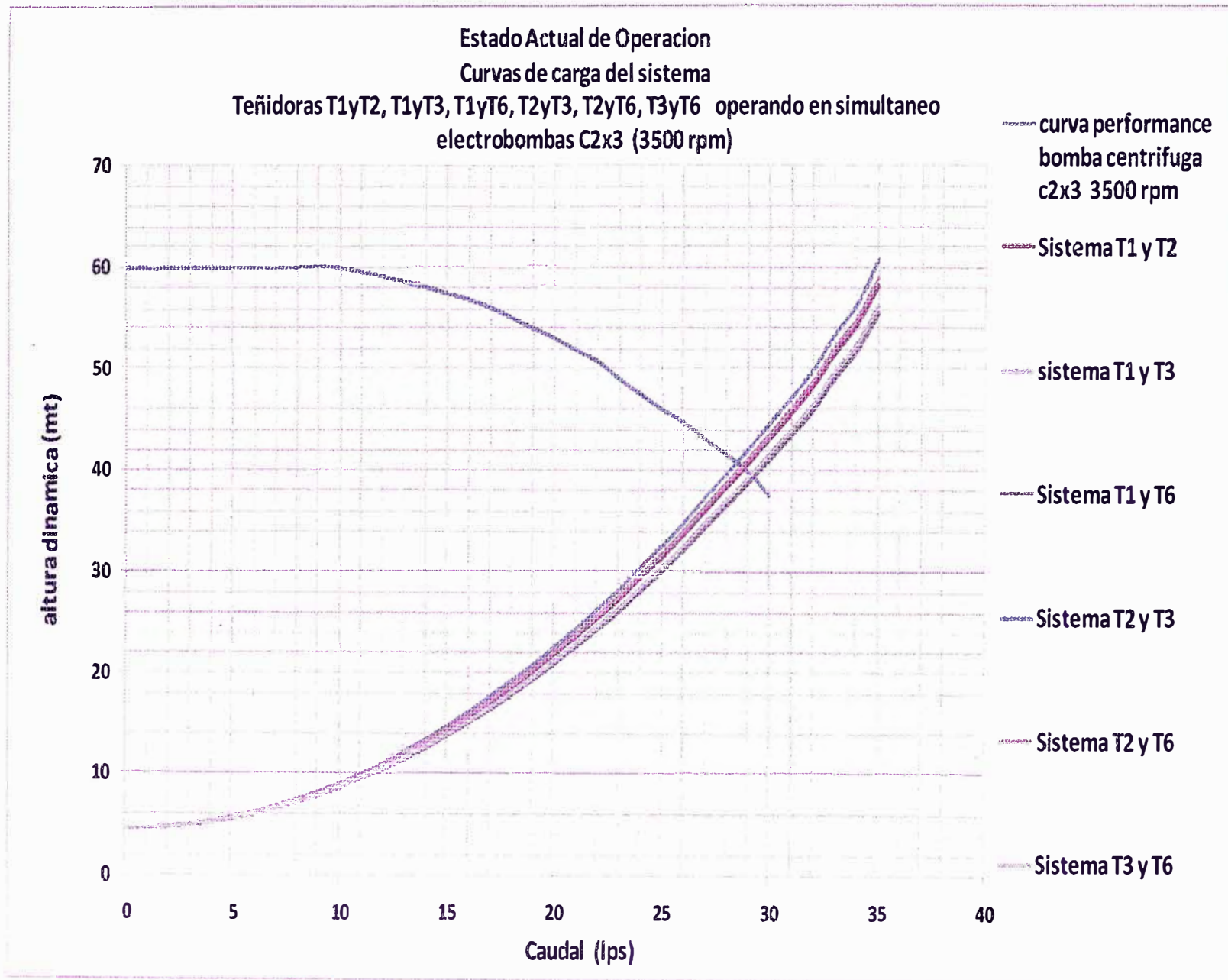


Figura 3.13

Fuente: propia

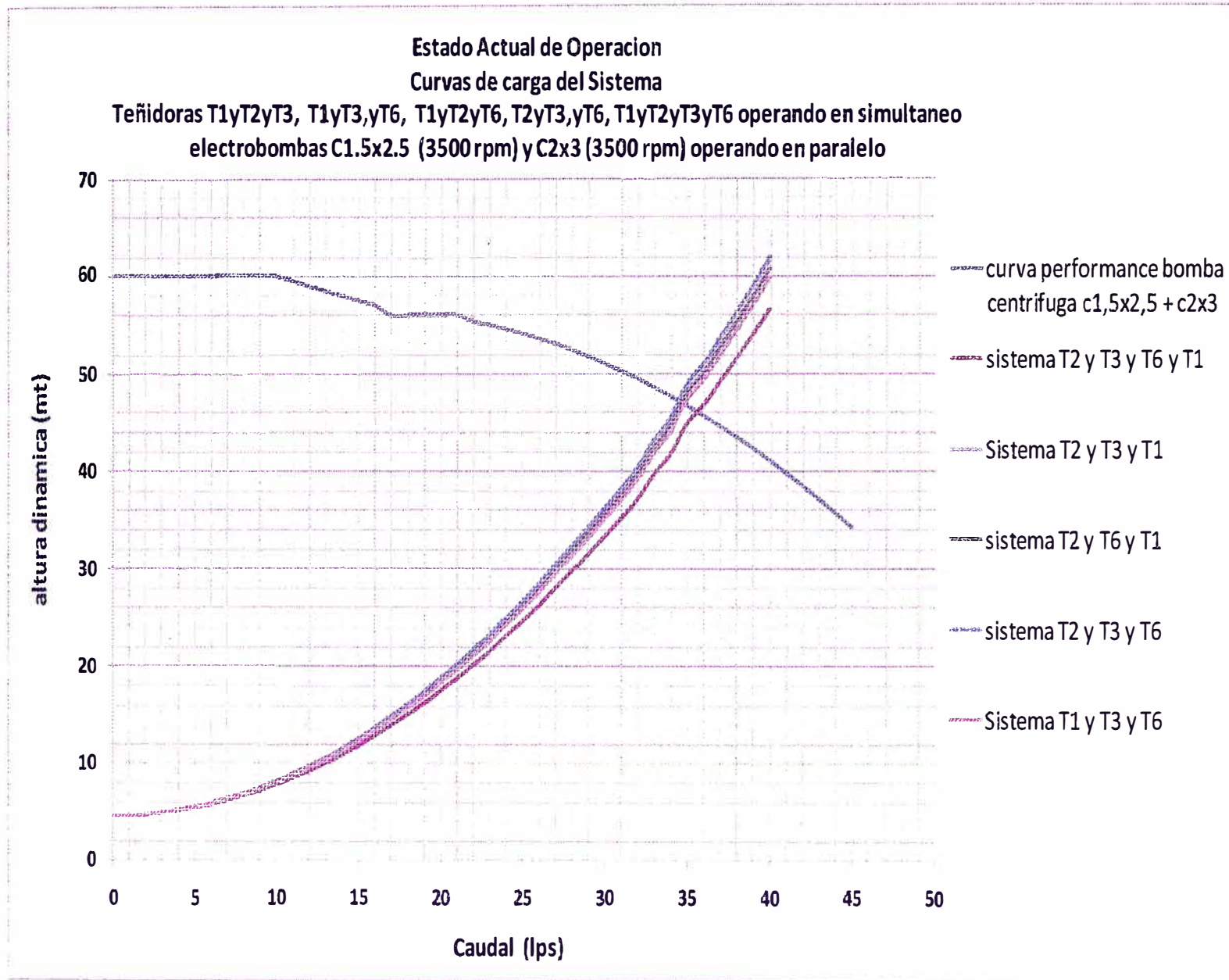


Figura 3.14

A continuación se elabora un cuadro en el cual se muestran los puntos de operación (altura dinámica total, caudal y potencia absorbida de las bombas) que resultan de la intersección de las curvas de operación de las electrobombas de C1.5x2.5 y C2x3 con las curvas de sistema cuando opera una o más maquinas teñidoras.

Tabla 3.10 Puntos de Operación actuales

Teñidora	Bomba	Velocidad RPM	Caudal Teñidoras Lps	Caudal Bombas lps	Altura mH ₂ O	Potencia HP
T1	C1,5x2,5	3500	14,5	14,5	21,5	11,2
T2	C1,5x2,5	3500	14,5	14,5	25,0	11,2
T3	C1,5x2,5	3500	14,7	14,7	21,5	11,3
T6	C1,5x2,5	3500	14,6	14,6	21,5	11,2
T1+T2	C2x3	3500	15,5 y 13,0	28,5	40,5	24,0
T1+T3	C2x3	3500	15,0 y 14,5	29,5	39,0	24,5
T1+T6	C2x3	3500	15,0 y 14,5	29,5	39,0	24,5
T2+T3	C2x3	3500	13,0 y 15,5	28,5	41,0	24,0
T2+T6	C2x3	3500	13,0 y 15,5	28,5	39,5	24,5
T3+T6	C2x3	3500	14,0 y 15,0	29,0	39,5	24,5
T1+T2+T3	C1,5x2,5 y C2x3	3500	13,0 y 10,0 y 11,5	34,5	47,0	9,2 + 22,0
T1+T2+T6	C1,5x2,5 y C2x3	3500	12,5 y 10,0 y 12,0	34,5	47,0	9,2 + 22,0
T1+T3+T6	C1,5x2,5 y C2x3	3500	11,5 y 11,5 y 11,5	34,5	47,0	9,2 + 22,0

T2+T3+T6	C1,5x2,5 y C2x3	3500	10,5 y 11,5 y 12,5	34,5	47,0	9,2 + 22,0
T1+T2+T3+ T6	C1,5x2,5 y C2x3	3500	9,0 y 7,5 y 9,5 y 9,5	35,5	45,0	9,5 + 23,0

Fuente: Curva de performance de bombas hidrostal C1.5x2.5 y C2x3
Curvas de sistemas al operar las maquinas teñidoras

Del cuadro anterior se observa que cuando operan solamente una maquina teñidora o dos maquinas teñidoras en simultaneo no se consigue la presión en la línea de bombeo requerida por el fabricante de la maquina teñidora. La operación en simultaneo de dos maquinas teñidoras (siempre una de ellas es la maquina teñidora 5) siempre se programa en producción. Además si queremos obtener mayores caudales en la línea de bombeo utilizando bombas más grandes, con lo cual conseguiríamos tener un menor tiempo de llenado en la maquinas teñidora grande, estos caudales (mayores a 35 lps) generarían curvas de sistemas con altos valores de pérdidas de presión (cercanos a los 100 mca) en la tubería de 2”.

3.2.5 Requerimientos de proceso de llenado

La línea tiene que suministrar agua a las siguientes maquinas:

Tabla 3.11 Consumo de agua en las teñidoras

Descripción	Volumen de agua (litros)
Maquina 1	375
Maquina 2	375

Maquina 3	880
Maquina 6	4400

Fuente: Datos de maquinas actuales en operación

Debido al incremento de la producción se requiere que el llenado se sea en un tiempo menor, especialmente en la máquina de mayor volumen.

La siguiente tabla muestra el tiempo de llenado de las maquinas teñidoras. $\text{Tiempo} = \text{volumen de la teñidora} / \text{caudal de bombeo}$. Operando individualmente o de manera simultánea. Los datos se tomaron de las tablas 11.0 y 12.0.

Tabla 3.12 Tiempos de Llenado actuales

Teñidora	Bomba	Caudal Teñidora lps	Tiempo de Llenado min
T1	C1,5x2,5	14,5	0,43
T2	C1,5x2,5	14,5	0,43
T3	C1,5x2,5	14,7	0,99
T6	C1,5x2,5	14,6	5,02
T1+T2	C2x3	15,5 y 13,0	0,40 y 0,48
T1+T3	C2x3	15,0 y 14,5	0,42 y 1,01
T1+T6	C2x3	15,0 y 14,5	0,42 y 5,06
T2+T3	C2x3	13,0 y 15,5	0,48 y 0,94
T2+T6	C2x3	13,0 y 15,5	0,48 y 4,73
T3+T6	C2x3	14,0 y 15,0	1,04 y 4,88

T1+T2+T3	C1,5x2,5 y C2x3	13,0 y 10,0 y 11,5	0,48 y 0,63 y 1,28
T1+T2+T6	C1,5x2,5 y C2x3	12,5 y 10,0 y 12,0	0,50 y 0,63 y 6,11
T1+T3+T6	C1,5x2,5 y C2x3	11,5 y 11,5 y 11,5	0,54 y 1,28 y 6,38
T2+T3+T6	C1,5x2,5 y C2x3	10,5 y 11,5 y 12,5	0,59 y 1,28 y 5,87
T1+T2+T3+T6	C1,5x2,5 y C2x3	9,0 y 7,5 y 9,5 y 9,5	0,69 y 0,83 y 1,54 y 7,72

Fuente: Propia

Del cuadro anterior la maquina teñidora 6, la cual es la de mayor capacidad, se llena en el tiempo de 6,38 min (4400 lt / 14,6 lps) cuando opera en simultaneo con las maquinas teñidora 1 y 3. Además se observa la maquina teñidora 4 se llena en 5,06 min (4400 lt / 14,5 lps) cuando opera en simultaneo con la maquina teñidora 1. Indicamos que la operación en simultaneo de tres maquinas teñidoras es lo que ocurre generalmente.

3.2.6 Evaluación del modo de arranque de las electrobombas actuales

La electrobomba de 25 HP arranca mediante el tipo de arranque estrella triangulo, el motor eléctrico es de la marca weg, construido bajo normas IEC, velocidad 3500 rpm, trifásico, tensión de 220 vac, frecuencia de 60 hz.

Usando la ecuación 17.0

$$I_a / I_n = 5.0 \quad ; \quad I_n = 70,0 \text{ amp}$$

$$I_a = 350,0 \text{ amp}$$

$$P_{\text{instantanea}} = 1,73 \times 220 \times 350 \times 0,85 / 1000 = 113,23 \text{ kW}$$

La electrobomba de 11,5 HP se arranca mediante el tipo de arranque directo, el motor eléctrico es de la marca weg, construido bajo normas IEC, velocidad 3500 rpm, trifásico, a tensión de 220 vac, frecuencia de 60 hz.

Usando la ecuación 17.0

$$I_a / I_n = 6.8 \quad ; \quad I_n = 32 \text{ amp}$$

$$I_a = 217,6 \text{ amp}$$

$$P_{\text{instantanea}} = 1,73 \times 220 \times 217,6 \times 0,85 / 1000 = 70,40 \text{ kW}$$

CAPITULO IV

SISTEMA DE BOMBEO MODIFICADO

4.1 LÍNEA DE BOMBEO 1

De acuerdo a la evaluación realizado en la sección anterior respecto de los tiempos de llenado, los cuales resultan ser lentos en las maquinas teñidoras grandes, además, el requerimiento del usuario de reducir la corriente en el arranque de los motores de las bombas, sin modificar la línea de bombeo. Es importante comentar al no cambiar la tubería de descarga, esta genera una curva de sistema de tal manera que si se quisiera instalar bombas de mayores tamaños se ganaría poco en obtener mayores caudales de llenado. Concluimos que el sistema recomendado utilice las electrobombas actuales pero cambiando la forma de operación.

La electrobomba de C2x5 será la principal el cual será accionado por un variador de frecuencia, debido que nos permitirá arranque suave disminuyendo drásticamente la corriente pico de arranque. La electrobomba de C1.5x2.5 será la de soporte y entrara a operar, accionado mediante arranque soft starter, en paralelo con la electrobomba principal, cuando operen en simultáneo dos o tres maquinas de teñido.

4.1.1 Componentes para el arranque y control de las bombas centrífugas

La propuesta considera los siguientes equipos:

- 01 Equipo de bombeo: bomba centrífuga de eje libre marca hidrostal modelo: C2X3, motor eléctrico trifásico marca Weg 25 HP, 3500 RPM, 220vac, acoplamiento flexible tipo Omega, se utiliza la electrobomba del usuario.
- 01 Electrobomba centrífuga monoblock horizontal marca hidrostal, modelo: C1.5X2.5 – 11.5T, con motor de 11.5 HP, 3500 RPM, se utiliza la electrobomba del usuario
- 01 PLC
- 02 Presostatos
- 01 Variador de Frecuencia 25 HP
- 01 Arrancador soft starter 11,5 HP

4.1.2 Modo de operación de las bombas centrífugas

El proceso de bombeo opera en manual y automático utilizando para ello un selector manual - cero – automático montado en el panel de comando.

- *Operación en Manual*, posicionando el selector en manual las electrobombas actúan independientemente. La electrobomba C2x3 es accionada y apagada por pulsadores start y stop, siendo el arranque suave y la velocidad programada desde el panel de control del variador de frecuencia. La electrobomba de C1.5x2.5 es

accionada y apagada por pulsadores start y stop, siendo el arranque suave programado en el soft starter

- *Operación en Automático*, posicionando el selector en automático se energiza y enlaza el circuito de control compuesto por 02 presostatos, PLC y con los arrancadores de las electrobombas (variador de frecuencia y soft starter).

La electrobomba hidrostal C2x3 es la principal. Estando la línea de bombeo vacía, la presión es menor a 60 psi (presión inferior de Presostato 1) se acciona la electrobomba C2x3 elevando la presión y cuando llega al valor de 75 psi (presión máxima de presostato 1) se apaga la electrobomba C2x3.

Al entrar en operación una de las maquinas teñidoras, la presión en la línea de bombeo baja y cuando llega a un valor menor de 60 psi (presión inferior de presostato 1) se encenderá la electrobomba C2x3, elevando la presión hasta 68 psi, siendo este el punto de operación del sistema, al dejar de operar la maquina teñidora la presión de la línea de bombeo subirá y al llegar a un valor mayor de 75 psi (presión superior de presostato 1) se apagará la electrobomba C2x3.

Al entrar en operación dos o las tres teñidoras, la presión baja, cuando llega a un valor menor de 60 psi (presión inferior de presostato 1) se encenderá la electrobomba C2x3, la presión sigue disminuyendo y al llegar a

un valor menor de 57 psi (presión inferior de presostato 2) se acciona la electrobomba C1.5x2.5, subiendo en ese momento la presión hasta un máximo de 69 psi.

Al dejar de operar las maquinas teñidoras de tal manera que solo quede una en operación, la presión se elevara y al llegar al valor de 72 psi (presión superior de presostato 2), se apagara la electrobomba C1.5x2.5. quedando en operación la electrobomba C2x3. Al terminar de operar la teñidora, la presión se elevara y al ser mayor al valor de 75 psi (presión superior de presostato 1) dejara de operar la electrobomba C2x3. A continuación se muestra el esquema de proceso.

Fuente:
propia

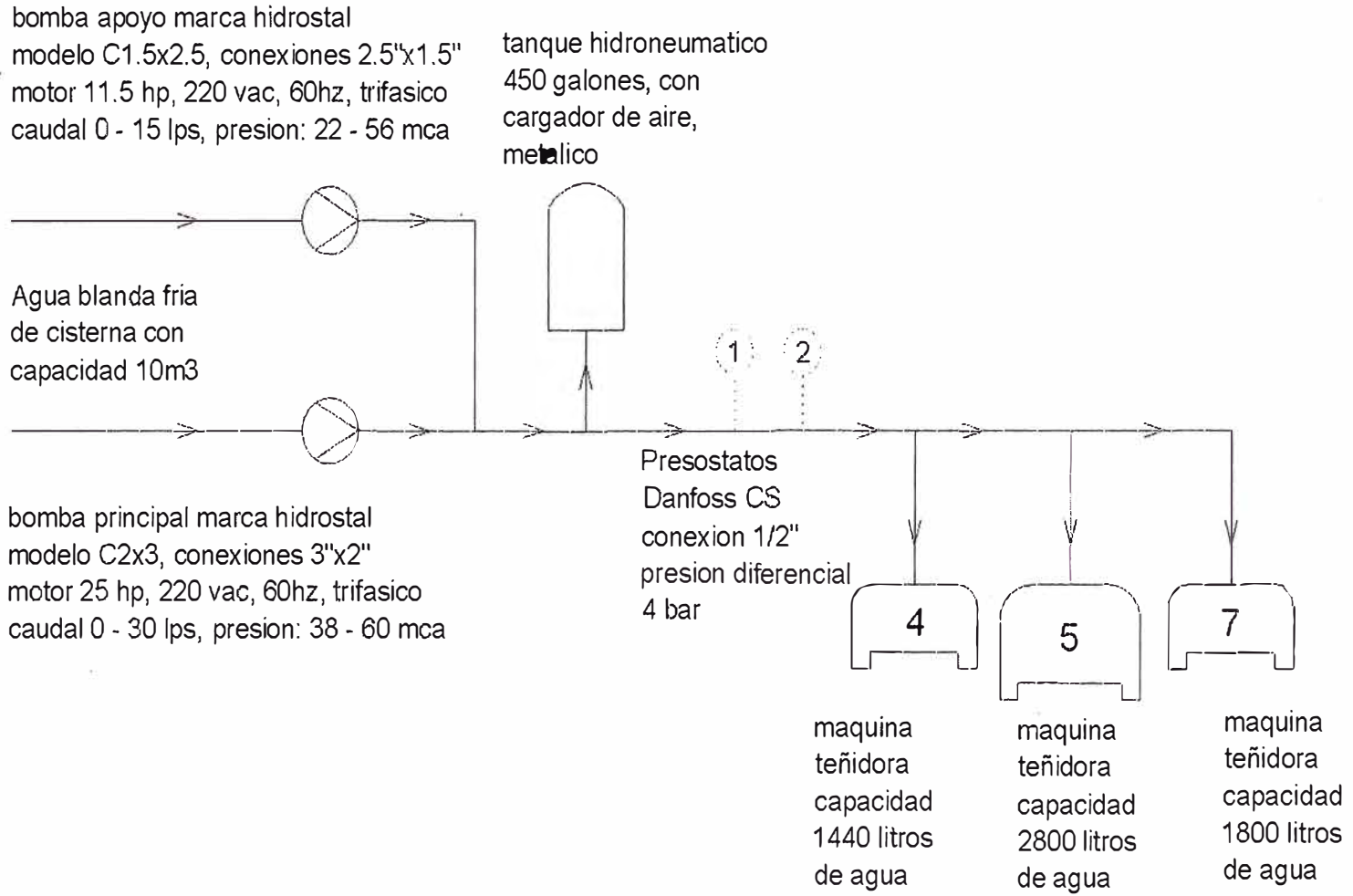


Figura 4.1 Esquema de proceso de línea de bombeo

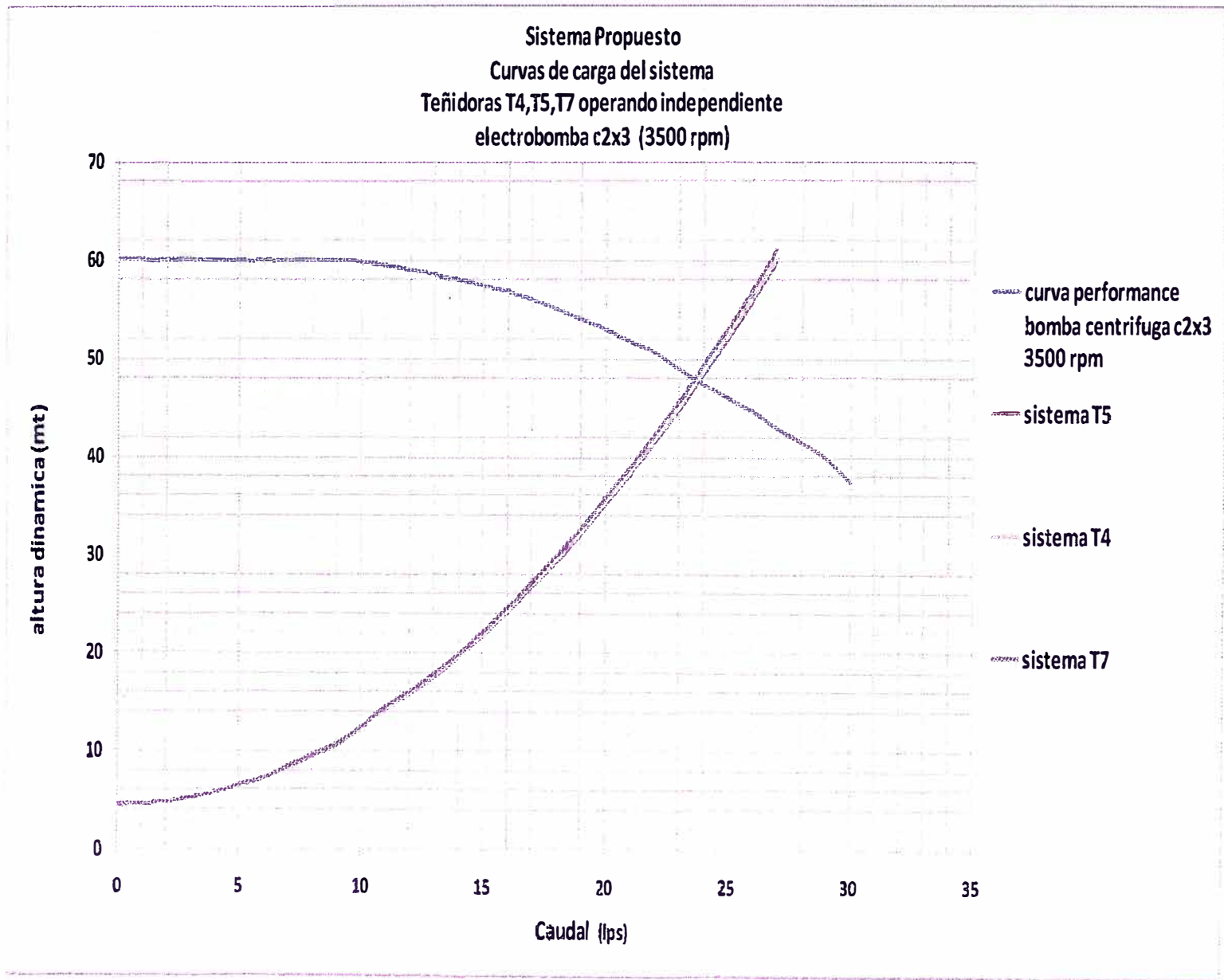
4.1.3 Análisis de las curvas del sistema con curvas de performance de las electrobombas

Utilizando los datos del metrado de la línea de bombeo 1 y aplicando el método de cálculo de pérdidas en tuberías ramificadas, descritos en la sección 2.3 se construyen las curvas del sistema cuando operan una o más máquinas teñidoras. Se presentan a continuación las figuras de las curvas de sistemas para cuando opera una o más máquinas teñidoras con las curvas de performance de las electrobombas correspondientes.

En la figura 4.2 se muestra la curva del sistema de la línea de bombeo 1 cuando opera solamente una máquina teñidora, en este caso el sistema de arranque y control acciona la electrobomba hidrostal C2x3 mostrándose su curva de performance.

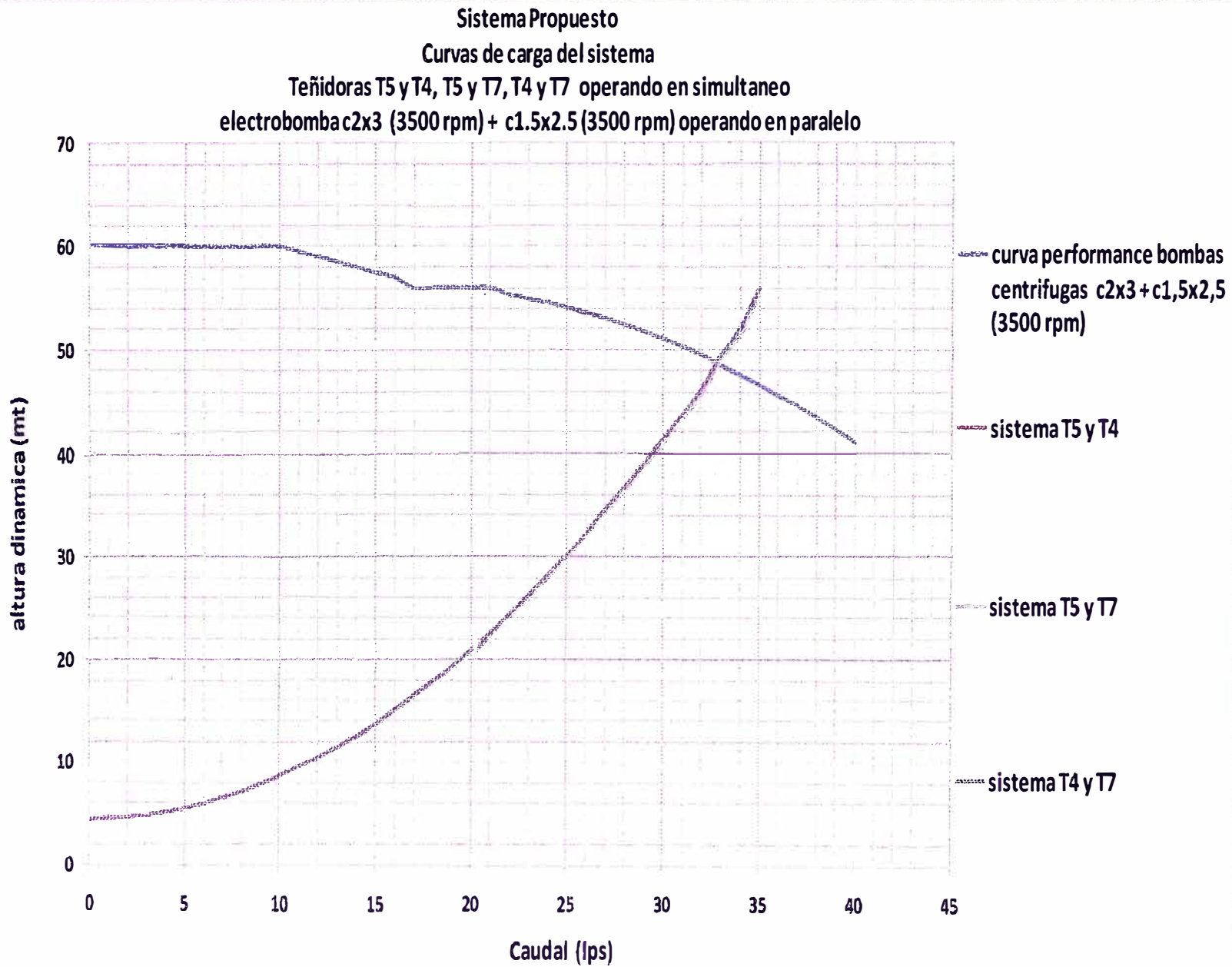
En la figura 4.3 se muestra la curva de sistema de la línea de bombeo 1 cuando opera solamente dos máquinas teñidoras, en este caso el sistema de arranque y control acciona la electrobomba hidrostal C2x3 y la electrobomba hidrostal C1.5x2.5 mostrándose sus curvas de performance operando en paralelo.

En la figura 4.4 se muestra la curva de sistema de la línea de bombeo 1 cuando operan las tres máquinas teñidoras, en este caso el sistema de arranque y control accionan las electrobombas hidrostal C2x3 y C1.5x2.5 mostrándose su curva de performance operando en paralelo.



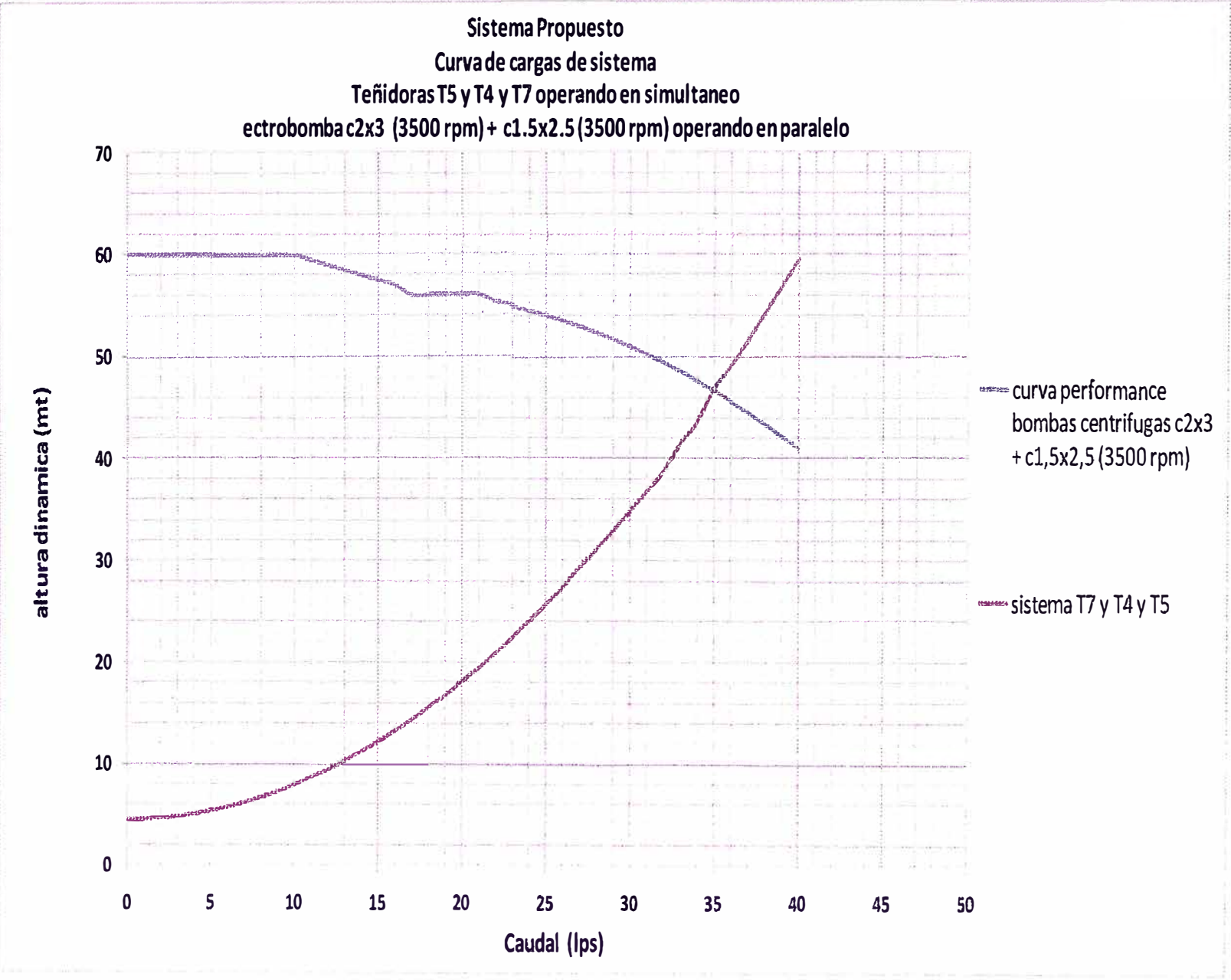
Fuente: propia

Figura 4.2



Fuente: propia

Figura 4.3



Fuente: propia

Figura 4.4

Se muestra en el siguiente cuadro los puntos de operación que se obtienen con la propuesta.

Tabla 4.1. Puntos de operación

Teñidora	Electrobomba	Velocidad RPM	Caudal Teñidora lps	Caudal bomba lps	Altura m H ₂ O	Potencia HP
T4	C2x3	3500	23,8	23,8	48,0	22,4
T5	C2x3	3500	23,9	23,9	48,0	22,5
T7	C2x3	3500	23,7	23,7	48,0	22,3
T4 y T5	C2x3 y C1,5x2,5	3500	17,5 y 15,5	23,0+9,5	49,0	9,0 + 21,5
T4 y T7	C2x3 y C1,5x2,5	3500	16,5 y 16,0	23,0+9,5	49,0	9,5 + 21,5
T5 y T7	C2x3 y C1,5x2,5	3500	16,5 y 16,0	23,5+9,5	48,7	9,5 + 21,5
T4 y T5 y T7	C2x3 y C1,5x2,5	3500	14,5 y 14,5 y 14,0	23,0+9,5	45,0	10,2 +24,4

Fuente : propia

Del cuadro anterior observamos la presión de la línea de bombeo, cuando opera una o más máquinas teñidoras es siempre mayor a 64 psi (45 m H₂O), cumpliéndose con el requerimiento de presión en la línea de bombeo sea mayor a 60 psi según lo requerido por el fabricante de las máquinas teñidoras.

4.2 LÍNEA DE BOMBEO 2

De acuerdo a la evaluación realizado en la sección anterior respecto de los tiempos de llenado, los cuales resultan ser lentos en las maquinas teñidoras grandes, además, el requerimiento del usuario de reducir la corriente en el arranque de los motores de las bombas, sin modificar la línea de bombeo. Es importante comentar al no cambiar la línea de bombeo estas generan una curva de sistema de tal manera que si se quisiera instalar bombas de mayores tamaños se ganaría poco en obtener mayores caudales de llenado. Concluimos que el sistema recomendado utilice las electrobombas actuales pero cambiando la forma de operación.

La electrobomba de C2x5 será la principal el cual será accionado por un variador de frecuencia, debido que nos permitirá arranque suave disminuyendo drásticamente la corriente pico de arranque. La electrobomba de C1.5x2.5 será la de soporte y entrara a operar, accionado mediante arranque soft starter, en paralelo con la electrobomba principal, cuando operen en simultáneo dos, tres o cuatro maquinas de teñido.

4.2.1 Componentes para el arranque y control de las bombas centrifugas

La propuesta considera los siguientes equipos:

- 01 Equipo de bombeo: bomba centrifuga de eje libre marca hidrostal modelo: C2X3, motor eléctrico trifásico marca Weg 25 HP, 3500 RPM, 220vac, acoplamiento flexible tipo Omega, se utiliza la electrobomba del usuario.

- 01 Electrobomba centrífuga monoblock horizontal marca hidrostal, modelo: C1.5X2.5 – 11.5T, con motor de 11.5 HP, 3500 RPM, se utiliza la electrobomba del usuario.
- 01 PLC
- 02 Presostatos
- 01 Variador de Frecuencia 25 HP
- 01 Arrancador soft starter 11,5 HP

4.2.2 Modo de Operación de las bombas centrífugas

El proceso de bombeo opera en manual y automático utilizando para ello un selector manual - cero – automático montado en el panel de comando.

- *Operación en Manual*, Posicionando el selector en manual las electrobombas actúan independientemente. La electrobomba de C2x3 es accionada y apagada por pulsadores start y stop, siendo el arranque suave y la velocidad programada desde el panel de control del variador de frecuencia. La electrobomba de C1.5x2.5 es accionada y apagada por pulsadores start y stop, siendo el arranque suave programado en el soft starter
- *Operación en Automático*, posicionando el selector en automático se energiza y enlaza el circuito de control compuesto por los 02 presostatos, PLC y con los arrancadores de las electrobombas (variador de frecuencia y soft starter).

La electrobomba hidrostal C2x3 es la principal. Estando la línea de bombeo vacía, la presión es menor a 60 psi (presión inferior de Presostato 1) se acciona la electrobomba C2x3 elevando la presión y cuando llega al valor de 75 psi (presión máxima de presostato 1) se apaga la electrobomba C2x3.

Al entrar en operación una de las maquinas teñidoras, la presión en la línea de bombeo baja y cuando llega a un valor menor de 60 psi (presión inferior de presostato 1) se encenderá la electrobomba C2x3, elevando la presión hasta 68 psi, siendo este el punto de operación del sistema, al dejar de operar la maquina teñidora la presión de la línea de bombeo subirá y al llegar a un valor mayor de 75 psi (presión superior de presostato 1) se apagara la electrobomba C2x3.

Al entrar en operación dos o las tres teñidoras, la presión baja, cuando llega a un valor menor de 60 psi (presión inferior de presostato 1) se encenderá la electrobomba C2x3, la presión sigue disminuyendo y al llegar a un valor menor de 57 psi (presión inferior de presostato 2) se acciona la electrobomba C1.5x2.5, subiendo la presión hasta un valor de 70 psi, siendo este valor el punto de operación del sistema cuando operan dos maquinas teñidoras, o hasta un valor de 65 psi, siendo este valor el punto de operación del sistema cuando operan tres o cuatro maquinas teñidoras.

Al dejar de operar las maquinas teñidoras de tal manera que solo quede una en operación, la presión se elevara y al llegar al valor de 72 psi

(presión superior de presostato 2), se apagara la electrobomba C1.5x2.5. quedando en operación la electrobomba C2x3, al terminar de operar la maquina teñidora, la presión se elevara y al ser mayor al valor de 75 psi (presión superior de presostato 1) dejara de operar la electrobomba C2x3. A continuación se muestra el esquema de proceso.

Fuente:
propia

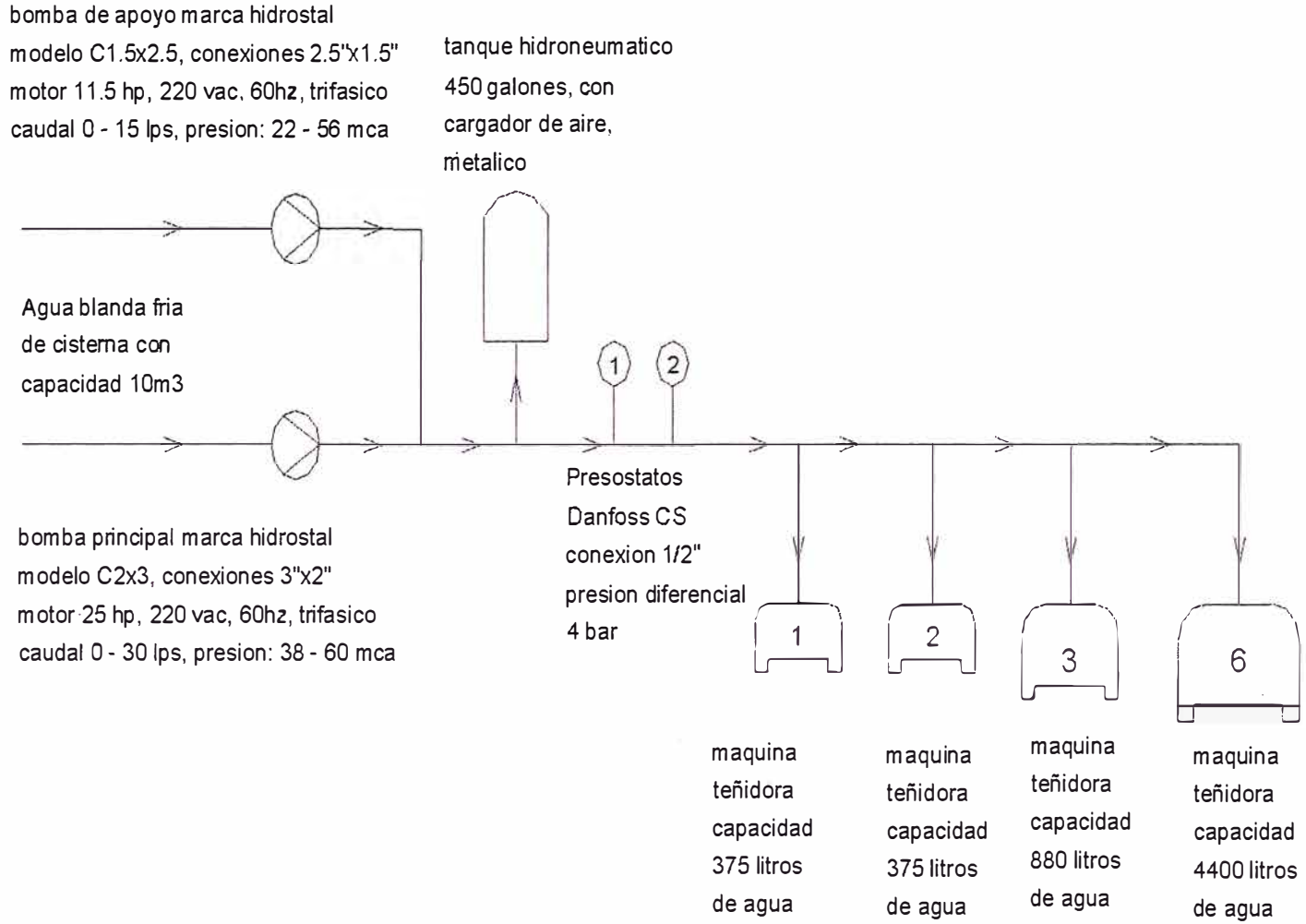


Figura 4.5 Esquema de proceso de la línea de bombeo 2

4.2.3 Análisis de las curvas del sistema con curvas de performance de las electrobombas

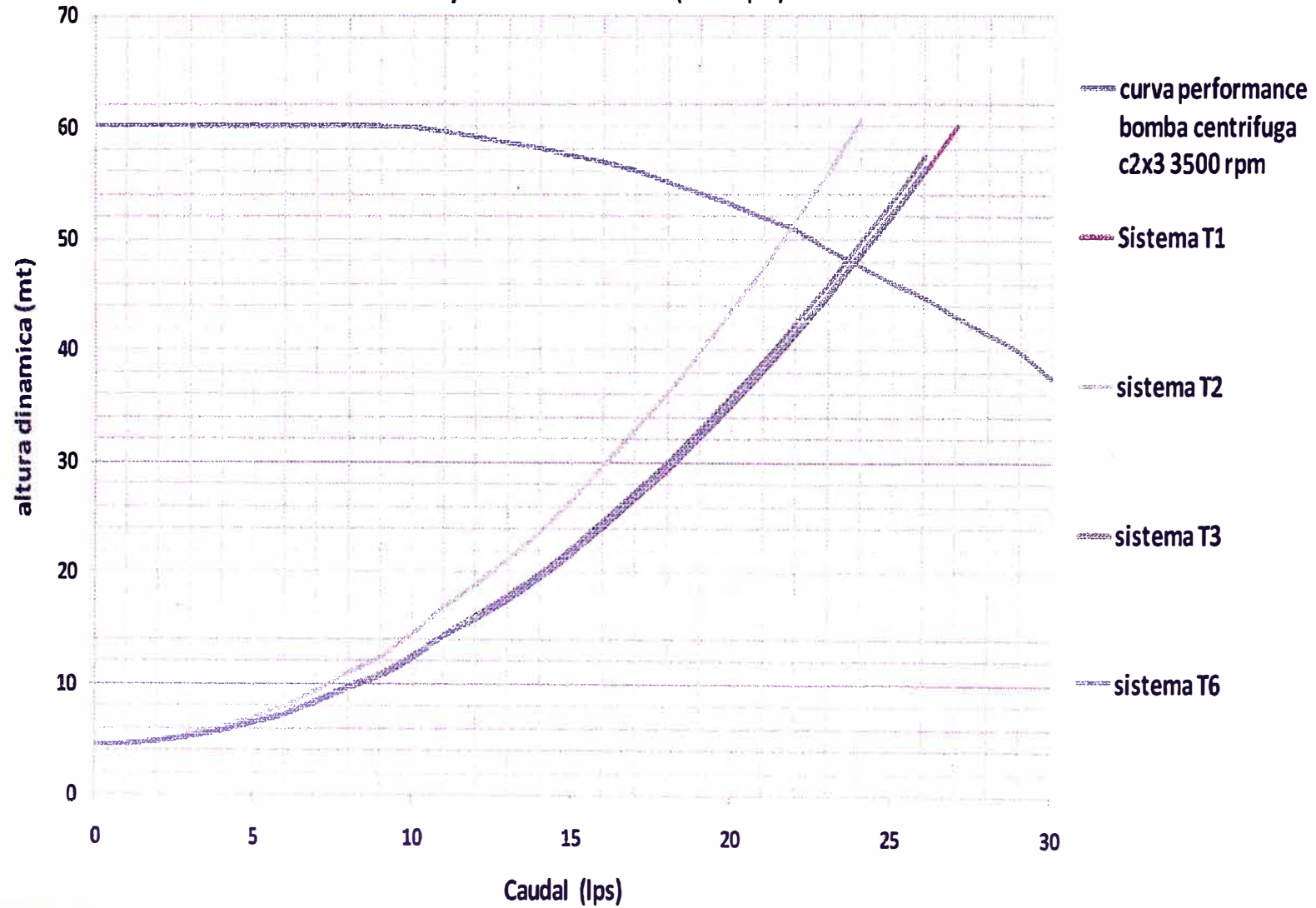
Utilizando los datos del metrado de la línea de bombeo 2 y aplicando el método de cálculo de pérdidas en tuberías ramificadas, descritos en la sección 2.3 se construyen las curvas del sistema cuando operan una o más maquinas teñidoras. Se presentan a continuación las figuras de las curvas de sistemas para cuando opera una o más maquinas teñidoras con las curvas de performance de las electrobombas correspondientes.

En la figura 4.6 se muestra la curva del sistema de la línea de bombeo 2 cuando opera solamente una maquina teñidora, en este caso el sistema de arranque y control acciona la electrobomba hidrostal C2x3 mostrándose su curva de performance.

En la figura 4.7 se muestra la curva de sistema de la línea de bombeo 2 cuando opera solamente dos maquinas teñidoras, en este caso el sistema de arranque y control acciona la electrobomba hidrostal C2x3 y la electrobomba hidrostal C1.5x2.5 mostrándose sus curvas de performance operando en paralelo.

En la figura 4.8 se muestra la curva de sistema de la línea de bombeo 2 cuando operan tres o cuatro maquinas teñidoras, en este caso el sistema de arranque y control accionan las electrobombas hidrostal C2x3 y C1.5x2.5 mostrándose su curva de performance operando en paralelo.

Sistema Propuesto
Curvas de carga del sistema
Teñidoras T1,T2,T3,T6 operando independiente
y electrobombas c2x3 (3500 rpm)



Fuente: propia

Figura 4.6

Fuente: propia

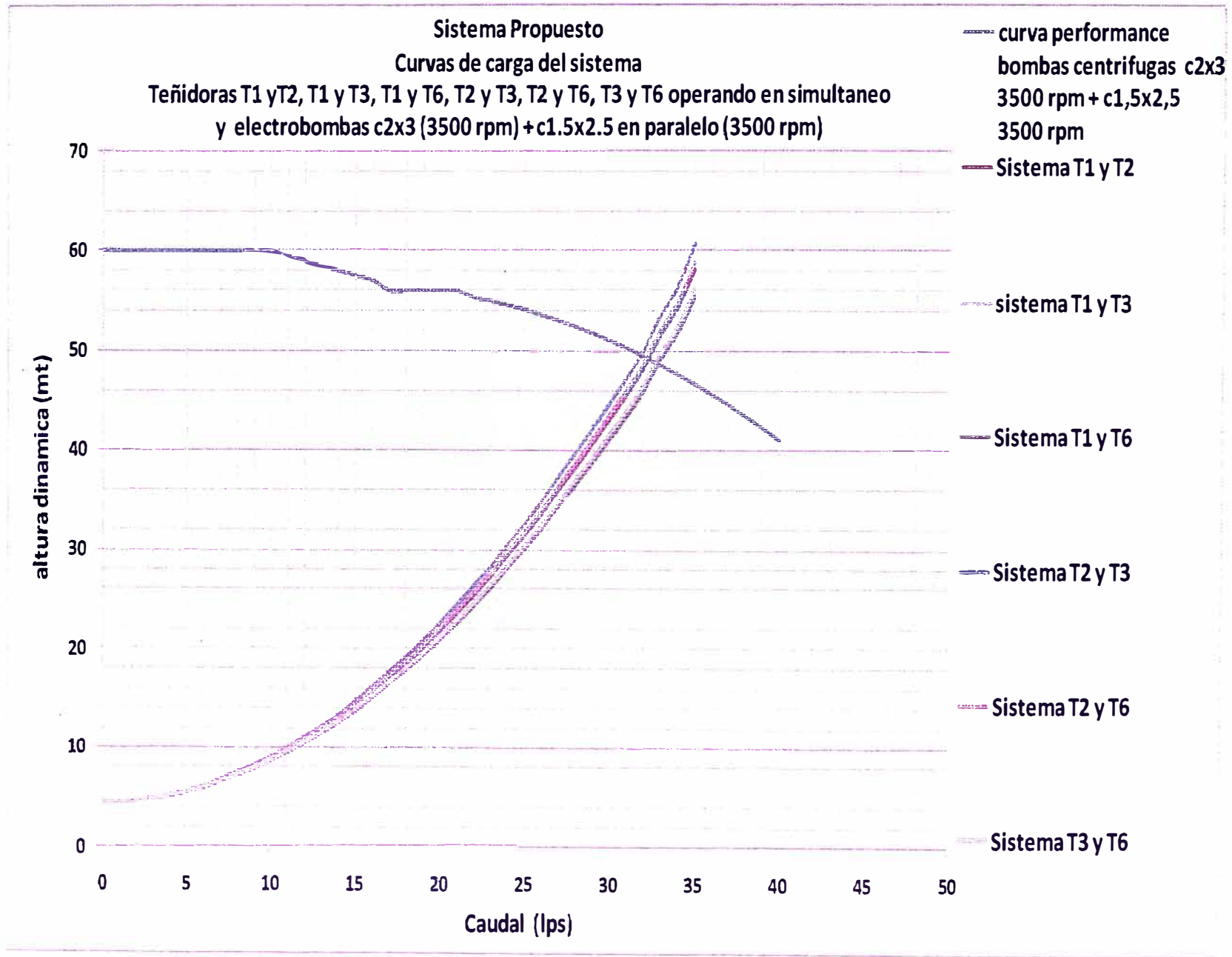
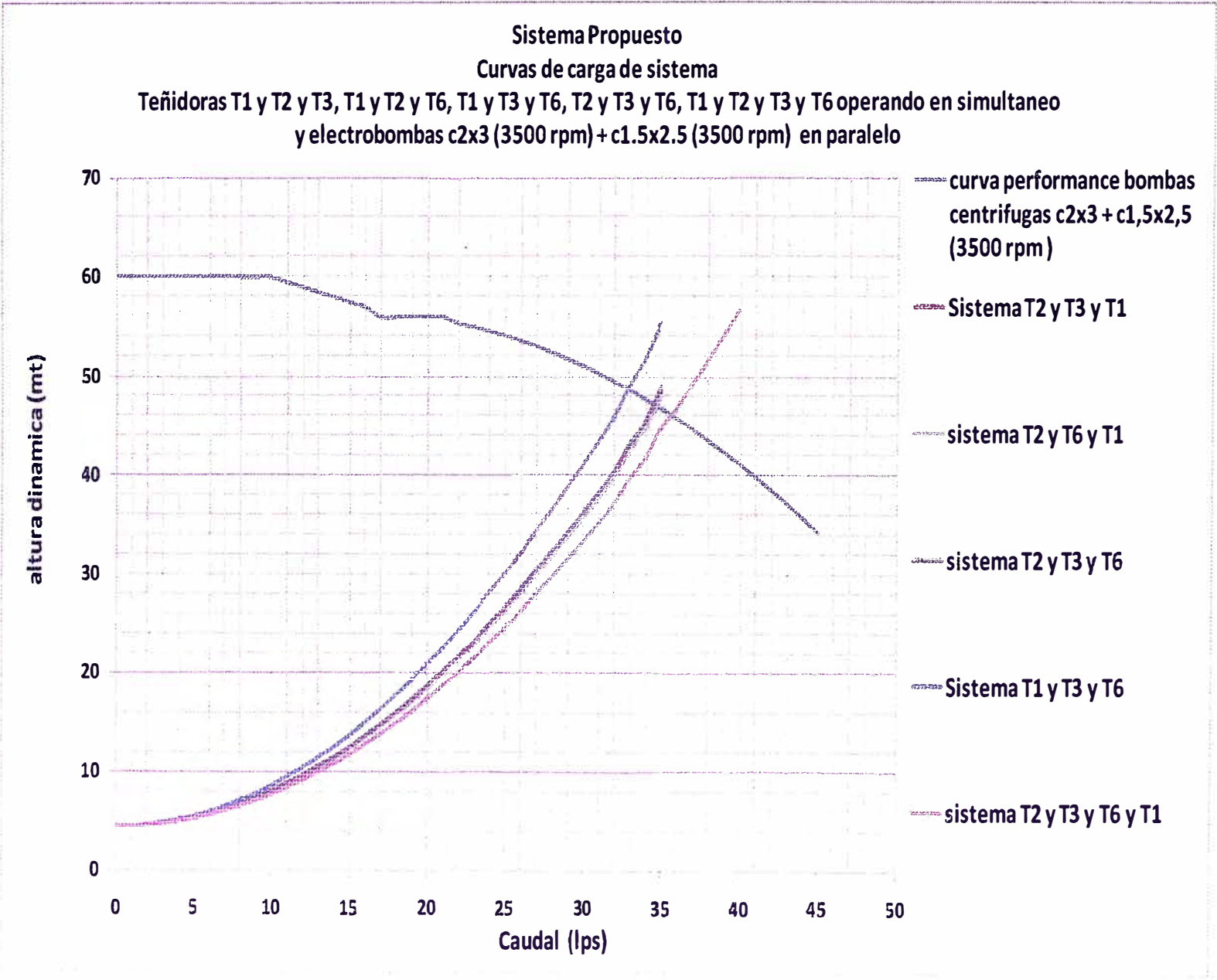


Figura 4.7



Fuente: propia

Figura 4.8

Se muestra en el siguiente cuadro los puntos de operación que se obtienen con la propuesta

Tabla 4.2 Puntos de operación

Tañidora	Electrobomba	Velocidad RPM	Caudal Teñidoras lps	Caudal Bombas Lps	Altura m H ₂ O	Potencia HP
T1	C2x3	3500	23,8	23,8	48,0	22,4
T2	C2x3	3500	21,8	21,8	51,0	20,0
T3	C2x3	3500	23,6	23,6	48,0	22,2
T6	C2x3	3500	23,7	23,7	48,0	22,3
T1+T2	C2x3 y	3500	17,5 y 14,5	23,0+9,5	49,0	22,5+9,0
	C1,5x2,5	3500				
T1+T3	C2x3 y	3500	16,0 y 17,0	22,5+9,4	50,0	22,0+8,9
	C1,5x2,5	3500				
T1+T6	C2x3 y	3500	15,0 y 17,0	23,0+9,5	49,0	22,5+9,0
	C1,5x2,5	3500				
T2+T3	C2x3 y	3500	14,5 y 17,0	22,5+9,4	50,0	22,2+8,9
	C1,5x2,5	3500				
T2+T6	C2x3 y	3500	14,5 y 17,5	23,5+9,5	48,7	22,5+9,0
	C1,5x2,5	3500				
T3+T6	C2x3 y	3500	17,5 y 16,5	23,0+9,5	49,0	22,0+9,0
	C1,5x2,5	3500				
T1+T2+T3	C2x3 y	3500	10,5 y 8,5 y 10,5	25,0+10,6	46,0	23,5+9,7
	C1,5x2,5	3500				
T1+T2+T6	C2x3 y	3500	13,5 y 8,5 y 13,0	24,0+10,5	47,0	22,5+9,6
	C1,5x2,5	3500				
T1+T3+T6	C2x3 y	3500	12,5 y 12,0 y 12,5	26,5+10,8	46,5	24,0+9,9
	C1,5x2,5	3500				

T2+T3+T6	C2x3 y	3500	14,5 y 17,0	24,0+10,5	47,0	22,5+9.6
	C1,5x2,5	3500	y 18,0			
T1+T2+T3 +T6	C2x3 y	3500	14,5 y 10,5	25,5+10,7	45,5	23,8+9,8
	C1,5x2,5	3500	y 13,0 y 13,0			

Fuente: Propia

Del cuadro anterior observamos la presión de la línea de bombeo, cuando opera una o más máquinas teñidoras es siempre mayor a 65 psi (45.5 m H₂O), cumpliéndose con el requerimiento de presión en la línea de bombeo sea mayor a 60 psi según lo requerido por el fabricante de las máquinas teñidoras.

4.3 EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

El sistema de bombeo propuesto debe conseguir:

- Reducción del tiempo de llenado en las maquinas teñidoras, especialmente de las de mayor capacidad. El beneficio que se obtendrá será conseguir un mayor número de ciclos de teñido, permitiendo incrementar la producción.
- Reducción de la corriente de arranque de los motores de las electrobombas, con esto se conseguirá reducir la demanda máxima, concepto el cual se incluye en la facturación mensual de consumo de energía eléctrica. Se comparan los costos de consumo de energía eléctrica del sistema de bombeo actual con el sistema de bombeo propuesto.

Para evaluar el sistema de bombeo propuesto se realizara los siguientes análisis:

- El comportamiento volumétrico, determinaremos el tiempo de llenado de las maquinas teñidoras, el tiempo de un ciclo de teñido y el numero de ciclos de teñido
- Comportamiento energético, cálculo y comparación de las potencias absorbidas por las electrobombas del actual sistema de bombeo y del sistema de bombeo propuesto. Además, calculo y comparación de los costos de consumo de energía eléctrica del actual sistema de bombeo y del sistema de bombeo propuesto,

Los resultados de estos análisis nos indicaran si el sistema de bombeo propuesto es viable.

4.3.1 Comportamiento volumétrico

A continuación se muestra un cuadro de los tiempos de llenado cuando opera una o varias maquinas de teñido de las líneas de bombeo 1 y 2.

Tabla 4.3

Línea	Teñidora	Electrobombas actuales	Tiempo llenado sistema actual (min)	Electrobombas propuesta	Tiempo llenado sistema propuesto (min)
1	T4	C1,5x2,5	1,63	C2x3	1,00
1	T5	C1,5x2,5	3,15	C2x3	1,28
1	T7	C1,5x2,5	2,04	C2x3	1,27
1	T4 y T5	C2x3	1,60+3,33	C2x3 y C1,5x2,5	1,33+3,01
1	T4 y T7	C2x3	1,60+2,14	C2x3 y C1,5x2,5	1,41+1,86
1	T5 y T7	C2x3	3,11+2,14	C2x3 y C1,5x2,5	2,83+1,86
1	T4 y T5 y T7	C1,5x2,5 y C2x3	1,61+3,22+2,14	C2x3 y C1,5x2,5	1,61+3,22+2,14
2	T1	C1,5x2,5	0,43	C2x3	0,27
2	T2	C1,5x2,5	0,43	C2x3	0,30
2	T3	C1,5x2,5	1,00	C2x3	0,65
2	T6	C1,5x2,5	5,02	C2x3	3,26
2	T1 y T2	C2x3	0,40 y 0,48	C2x3 y C1,5x2,5	0,36+0,43
2	T1 y T3	C2x3	0,42 y 1,01	C2x3 y C1,5x2,5	0,39+0,86
2	T1 y T6	C2x3	0,42 y 5,06	C2x3 y C1,5x2,5	0,42+4,31

2	T2 y T3	C2x3	0,48 y 0,94	C2x3 y C1,5x2,5	0,43+0,86
2	T2 y T6	C2x3	0,48 y 4,73	C2x3 y C1,5x2,5	0,43+4,19
2	T3 y T6	C2x3	1,04 y 4,88	C2x3 y C1,5x2,5	0,83+4,44
2	T1 y T2 y T3	C1,5x2,5 y C2x3	0,48 y 0,63 y 1,28	C2x3 y C1,5x2,5	0,48 y 0,63 y 1,28
2	T1 y T2 y T6	C1,5x2,5 y C2x3	0,50 y 0,63 y 6,11	C2x3 y C1,5x2,5	0,50 y 0,63 y 6,11
2	T1 y T3 y T6	C1,5x2,5 y C2x3	0,54 y 1,28 y 6,38	C2x3 y C1,5x2,5	0,54 y 1,28 y 6,38
2	T2 y T3 y T6	C1,5x2,5 y C2x3	0,59 y 1,28 y 5,87	C2x3 y C1,5x2,5	0,59 y 1,28 y 5,87
2	T1 y T2 y T3 y T6	C1,5x2,5 y C2x3	0,69+0,83+1,54+ 7,72	C2x3 y C1,5x2,5	0,69+0,83+1,54+ 7,72

Fuente: Propia

De la tabla observamos cuando las maquinas teñidoras operan una o dos a la vez se tienen los menores tiempos de llenado.

Tomando como referencia la figura 1.0 “Diagrama de proceso de teñido de ropa de colores claros”, determinamos el tiempo de un ciclo de teñido de prendas de colores claros, con el sistema de bombeo actual y propuesto. Se calcula para las maquinas teñidoras grandes T5 (cuando opera

en simultaneo con la maquina T7) y T6 (cuando opera en simultaneo con la maquina T2) que se consideran "criticas". Se considera el tiempo de enjuague y vaciado en 5 minutos, el drenado y centrifugado 15 minutos.

Tabla 4.4 tiempo de ciclo de teñido

Etapas	Teñidora 5		Teñidora 6	
	Tiempo actual	Tiempo propuesto	Tiempo actual	Tiempo propuesto
Llenado de ropa	5	5	10	5
calentar 98 °C, enjuague, vaciado	35	35	35	35
Llenado con agua	3,11	2,83	4,73	4,19
calentar 80 °C, enjuague, vaciado	15	15	15	15
Llenado con agua	3,11	2,83	4,73	4,19
calentar 130 °C,	45	45	45	45
calentar 80 °C, enjuague, vaciado	20	20	20	20
Llenado con agua	3,11	2,83	4,73	4,19
calentar 50 °C, enjuague, vaciado	15	15	15	15
Llenado con agua	3,11	2,83	4,73	4,19
calentar 40 °C, enjuague, vaciado	95	95	95	95
Llenado con agua	3,11	2,83	4,73	4,19
calentar 50 °C, enjuague, vaciado	10	10	10	10
Llenado con agua	3,11	2,83	4,73	4,19
calentar 98 °C, enjuague, vaciado	20	20	20	20
Llenado con agua	3,11	2,83	4,73	4,19
calentar 40 °C, enjuague, vaciado	25	25	25	25
Drenar, centrifugado	15	15	15	15
Total (minutos)	319,9	317,6	332,8	328,5

Fuente: Propia

Del cuadro anterior observamos que el tiempo de un ciclo de teñido de ropa clara en las maquinas teñidoras grandes de 5 horas y 30 minutos. El tiempo de operación de las 02 electrobombas es el Las maquinas teñidoras operan las 24 horas al día, 30 días al mes, determinaremos el numero de ciclos ganados por mes. Las maquinas teñidoras 5 y 6 siempre se encuentra en operación.

$$\# \text{ Ciclos} = 24 \times 30 / (\text{tiempo de ciclo} / 60)$$

Tabla 4.5 Numero de ciclos mensuales

Teñidora 5		Teñidora 6	
Ciclos actuales	Ciclos propuesto	Ciclos actuales	Ciclos propuesto
135	136	130	131

Fuente: Propia

De la tabla observamos, en ambos casos, se gana 01 ciclo por mes o 12 ciclos anuales.

Dato importante es también el número de horas de operación mensuales de las electrobombas el cual mostramos en el siguiente cuadro.

Tabla 4.6 Tiempo de operación de electrobombas C2x3 y C1.5x2.5, Operando en simultaneo de la línea de bombeo 1 en 01 mes expresado en horas.

Teñidora 5		Teñidora 4		Teñidora 7	
Tiempo actual	Tiempo propuesto	Tiempo actual	Tiempo propuesto	Tiempo actual	Tiempo propuesto
56,00	51,32	29,94	25,06	39,49	34,57

Fuente propia

Tabla 4.7 Tiempo de operación de electrobombas C2x3 y C1.5x2.5, operando en simultaneo de la línea de bombeo 2 en 01 mes expresado en horas.

Teñidora 6		Teñidora 1		Teñidora 2		Teñidora 3	
Tiempo actual	Tiempo propuesto	Tiempo actual	Tiempo propuesto	Tiempo actual	Tiempo propuesto	Tiempo actual	Tiempo propuesto
81,86	73,46	8,11	8,11	9,25	8,30	19,75	15,85

Fuente propia

4.3.2 Comportamiento Energético

4.3.2.1 Cálculo y comparación de potencias absorbidas por las electrobombas de las líneas de bombeo 1 y 2.

A continuación se muestra un cuadro donde se indica la potencia absorbida por las electrobombas para cada caso de operación de las maquinas teñidoras de las líneas de bombeo 1 y 2.

Tabla 4.8 Potencia absorbida de las electrobombas de las líneas de bombeo 1 y 2, velocidad de giro 3500 rpm.

Línea	Teñidora	Sistema actual		Sistema propuesto		Incremento Potencia hp	Incremento potencia %
		Bomba	Potencia hp	Bomba	Potencia hp		
1	T4	C1,5x2,5	11,2	C2x3	22,4	11,2	100,0
1	T5	C1,5x2,5	11,3	C2x3	22,5	11,2	99,1
1	T7	C1,5x2,5	11,1	C2x3	22,3	11,2	100,9
1	T4 y T5	C2x3	24,4	C2x3 y C1,5x2,5	9,0+21,5	6,1	25,0
1	T4 y T7	C2x3	24,4	C2x3 y C1,5x2,5	9,5+21,5	6,1	25,0
1	T5 y T7	C2x3	24,4	C2x3 y C1,5x2,5	9,5+21,5	6,1	25,4
1	T4 y T5 y T7	C1,5x2,5 y C2x3	9,5+22,5	C2x3 y C1,5x2,5	22,5+9,5	0,0	0
2	T1	C1,5x2,5	11,2	C2x3	22,4	11,2	100,0
2	T2	C1,5x2,5	11,2	C2x3	20,0	8,8	78,6
2	T3	C1,5x2,5	11,3	C2x3	22,2	10,9	96,5
2	T6	C1,5x2,5	11,2	C2x3	22,3	11,1	99,1
2	T1+T2	C2x3	24,0	C2x3 y	22,5+9,0	7,5	31,3

				C1,5x2,5			
2	T1+T3	C2x3	24,5	C2x3 y C1,5x2,5	22,0+8,9	6,4	26,1
2	T1+T6	C2x3	24,5	C2x3 y C1,5x2,5	22,5+9,0	7,0	28,6
2	T2+T3	C2x3	24,0	C2x3 y C1,5x2,5	22,2+8,9	7,1	29,6
2	T2+T6	C2x3	24,5	C2x3 y C1,5x2,5	22,5+9,0	7,0	28,6
2	T3+T6	C2x3	24,5	C2x3 y C1,5x2,5	22,0+9,0	6,5	26,5
2	T1+T2 +T3	C1,5x2,5 y C2x3	9,2 + 22,0	C2x3 y C1,5x2,5	22,0+9,2	0,0	0,0
2	T1+T2 +T6	C1,5x2,5 y C2x3	9,2 + 22,0	C2x3 y C1,5x2,5	22,0+9,2	0,0	0,0
2	T1+T3 +T6	C1,5x2,5 y C2x3	9,2 + 22,0	C2x3 y C1,5x2,5	22,0+9,2	0,0	0,0
2	T2+T3 +T6	C1,5x2,5 y C2x3	9,2 + 22,0	C2x3 y C1,5x2,5	22,0+9,2	0,0	0,0
2	T1+T2 +T3+T6	C1,5x2,5 y C2x3	9,5 + 23,0	C2x3 y C1,5x2,5	23,0+9,5	0,0	0,0

Fuente: Propia

De la tabla observamos en los resultados correspondientes de la línea de bombeo 1, cuando opera una maquina teñidora o dos maquinas teñidoras en simultaneo la potencia consumida aumenta, esto debido a que en el primer caso la electrobomba principal es ahora la C2x3 y en el segundo caso ya no opera la electrobomba C2X3 sino operan en paralelo las electrobombas C2X3 y C1.5X2.5. Cuando operan en simultaneo tres

maquinas teñidoras la potencia eléctrica no aumenta debido a que no cambia la manera de operación de bombeo es decir funcionan en paralelo las electrobombas C2X3 y C1.5x2.5

De los resultados correspondientes de la línea de bombeo 2, cuando opera una maquina teñidora la potencia consumida aumenta, esto debido a que la electrobomba principal es ahora la C2x3 y no la electrobomba C1.5x2.5. Cuando operan dos maquinas teñidoras en simultaneo ya no opera la electrobomba C2X3 sino operan en paralelo las electrobombas C2X3 y C1.5X2.5. Cuando operan en simultaneo tres o cuatro maquinas teñidoras la potencia eléctrica no aumenta debido a que no cambia la manera de operación de bombeo es decir funcionan en paralelo las electrobombas C2X3 y C1.5x2.5

La electrobomba de 25 HP arranca mediante variador de frecuencia, el motor eléctrico es de la marca weg, construido bajo normas IEC, velocidad 3500 rpm, trifásico, tensión de 220 vac, frecuencia de 60 hz. En este tipo de arranque la corriente de arranque se considera 1.0 veces de la corriente nominal. La potencia de arranque lo calculamos de la siguiente manera:

$$I_a / I_n = 1.0 \quad ; \quad I_n = 70,0 \text{ amp}$$

$$I_a = 70,0 \text{ amp}$$

$$P_{\text{instantanea arranque}} = 1,73 \times 220 \times 70.0 \times 0,85 / 1000 = 22.7 \text{ kW}$$

La electrobomba de 11,5 HP se arranca mediante el tipo de arranque directo, el motor eléctrico es de la marca weg, construido bajo normas IEC, velocidad 3500 rpm, trifásico, a tensión de 220 vac, frecuencia de 60 hz. En este tipo de arranque la corriente de arranque se considera 3.0 a 4.0 veces de la corriente nominal.

$$I_a / I_n = 3 \quad ; \quad I_n = 32 \text{ amp}$$

$$I_a = 96 \text{ amp}$$

$$P_{\text{instantane arranque}} = 1,73 \times 220 \times 96 \times 0,85 / 1000 = 31.0 \text{ kW}$$

Donde:

I_a : corriente de arranque

I_n : corriente nominal

4.3.2.2 Cálculo y comparación de costos de consumo de energía eléctrica.

Evaluaremos el consumo de energía eléctrica de los motores de las electrobombas hidrostal C2x3 y C1.5x2.5. esta evaluación se realizara para las líneas de bombeo 1 y 2, además. El cálculo de los costos es en base a la estructura de costos de los recibos de consumo de energía eléctrica.

A continuación se presenta un cuadro donde se muestra las potencias eléctricas de las electrobombas hidrostal C2x3 y C1.5x2.5, de acuerdo al modo de arranque del sistema de bombeo actual y del propuesto.

Tabla 4.9 Potencias eléctricas de electrobombas, línea de bombeo 1 o línea de bombeo 2.

Sistema	Actual			Propuesto		
	Modo de arranque	Potencia nominal	Potencia arranque	Modo arranque	Potencia nominal	Potencia arranque
Principal C2x3	Estrella triangulo	25,0.hp 18,7 kw	113.23 kW	Variador Frecuencia	18,7 kW	22.7 kW
Auxiliar C1.5x2.5	Directo	11,5 hp 8,6 kw	70.40 kW	Soft starter	8,6 kW	31.0 kW

Fuente: Propia

Del cuadro podemos apreciar que las potencias de arranque son mayores con el sistema de bombeo actual. Las potencias de arranque se calcularon en el capítulo 3, sección 3.1.6.

Se indican las condiciones generales para realizar la evaluación de costos de consumo de energía eléctrica.

- El usuario indica hacer los cálculos con una tarifa de energía eléctrica tipo BT2.
- La producción se realiza las 24 horas del día, 30 días por mes.
- Número de horas fuera punta 570 horas (30díasx19horas) o 79.2% de 720 horas (30díasx24horas). Número de horas punta 150 horas (30díasx5horas) o 20.8% de 720 horas (30días x 24 horas).
- Factor de potencia motor :
 - 0,85 (arranque directo o estrella triangulo)

- 0,95 (arranque soft start o Variador Frecuencia)
- Voltaje : 220 vac
- Frecuencia : 60 hz
- Corriente arranque pico :
 - 6 veces corriente nominal en Arranque directo o en arranque estrella triangulo
 - 2 a 3 veces la corriente nominal en Arranque soft start
 - 1 veces corriente nominal en Arranque con variador de frecuencia

Consideraremos que las 02 electrobombas hidrostal C2x3 y C1.5x2.5, de las líneas de bombeo 1 y 2, operan en simultáneo para cuando se produce un ciclo de teñido, tanto en horas punta como en horas fuera de punta para el sistema de bombeo actual y propuesto.

La potencia eléctrica consumida es la suma de las potencias eléctricas de las electrobombas C2x3 y C1.5x2.5, tanto de la línea de bombeo 1 y línea de bombeo 2.

Tarifa BT2, el cual consiste en la medición de dos energías activas y dos potencias activas (2E2P), Energía: Punta y Fuera de Punta, Potencia: Punta y Fuera de Punta. Modalidad de facturación de potencia activa variable.

Los conceptos de la estructura de costos de la tarifa BT2, son los siguientes:

- *Energía activa hora punta*, La facturación por energía activa se obtendrá multiplicando el consumo en kilowatts hora [kWh] por su cargo unitario.
- *Energía activa fuera hora punta*, La facturación por energía activa se obtendrá multiplicando el consumo en kilowatts hora [kWh] por su cargo unitario.
- *Energía reactiva*, La energía reactiva se cobra si se excede el 30% del total de energía activa consumida. La facturación del exceso de la energía reactiva inductiva es igual al producto de dicho exceso por el costo unitario (expresado en \$./ kVARh)
- *Demanda máxima hora punta*, Es el promedio de las máximas potencias registradas por el medidor cada 15 minutos en el periodo de un mes. Para nuestra evaluación consideramos la potencia de arranque de la electrobomba hidrostal C2x3.
- *Demanda máxima fuera hora punta*, Es el promedio de las máximas potencias registradas por el medidor cada 15 minutos en el periodo de un mes. Para nuestra evaluación consideramos la potencia de arranque de la electrobomba hidrostal C2x3.
- *Potencia activa de generación*, Están dados por la máxima potencia activa registrada mensual en horas de punta y en horas fuera de punta respectivamente en el periodo de medición, expresada en kW. Se obtiene multiplicando la potencia activa a facturar, por el cargo mensual por potencia activa de generación en horas de punta y en horas fuera de punta

- *Potencia activa de redes distribución*
 - *Potencia activa de distribución en hora punta*, La facturación es igual al producto de la potencia a facturar en horas de punta por el cargo mensual de potencia activa por uso de las redes de distribución en horas de punta
 - *Exceso de Potencia activa de distribución*, Esta facturación es igual al producto del exceso de potencia para la remuneración del uso de las redes, por el cargo mensual por exceso de potencia activa por uso de las redes de distribución en horas fuera de punta. El exceso de potencia para la facturación del uso de las redes es igual a la diferencia entre la potencia a facturar en horas fuera de punta menos la potencia a facturar en horas de punta para la remuneración de las redes de distribución, siempre y cuando sea positivo. En caso contrario será igual a cero.

De acuerdo a lo anterior los conceptos a evaluar serán la potencia activa de generación y la potencia activa de redes distribución, que son las que toman en cuenta la demanda máxima de potencia registrada en el arranque de los motores.

Tabla 4.10 Valores de Demanda Máxima y de Potencia Activa

Sistema de bombeo actual.

Electrobomba	Modo de arranque	Máxima demanda hora punta	Máxima demanda fuera punta	Potencia generación hora punta	Potencia distribución hora punta
Principal C2x3	Estrella triangulo	113.2 kW	113.23 kW	113.23 kW	113.23 kW
Auxiliar C1.5x2.5	Directo	70.40 kW	70.40 kW	70.40 kW	70.40 kW

Fuente: Propia

Tabla 4.11 Valores de Demanda Máxima y de Potencia Activa

Sistema de bombeo propuesto.

Electrobomba	Modo de arranque	Máxima demanda hora punta	Máxima demanda fuera punta	Potencia generación hora punta	Potencia distribución hora punta
Principal C2x3	Variador de frecuencia	22.7 kW	22.7 kW	22.7 kW	22.7 kW
Auxiliar C1.5x2.5	Soft starter	31.0 kW	31.0 kW	31.0 kW	31.0 kW

Fuente: Propia

Se calcula las potencias activas de generación y distribución con el mayor valor de la máxima demanda. Para el sistema actual de bombeo corresponde al que genera la electrobomba C2X3, y para el sistema propuesto el que genera la electrobomba C1.5X2.5.

Tabla 4.12 Costos de energía eléctrica de sistema de bombeo actual

	kW	Céntimos de sol / kW	Soles
Potencia generación hp	113.2	25,77	2912,01
Potencia distribución hp	113.2	42,87	4844,31
Exceso de potencia activa fp	0.0	33,27	0.0
		Total	7756,32

Fuente: Propia

Tabla 4.13 Costos de energía eléctrica de sistema de bombeo
propuesto

Descripción	kW	Céntimos de sol / kW	Soles
Potencia generación hp	31.0	25,77	798,87
Potencia distribución hp	31.0	42,87	1328,97
Exceso de potencia activa fp	0	33,27	0
		Total	2127,84

Fuente: Propia

De las tablas 4.12 y 4.13 podemos afirmar que existe un ahorro económico con el sistema de bombeo propuesto.

CAPITULO V

COSTOS DEL SISTEMA DE BOMBEO MODIFICADO

Implementar la modificación propuesta consistirá en proveer 02 tableros para el arranque y control de los motores de las bombas centrifugas de las líneas de bombeo 1 y 2, además de 03 presostatos por línea de bombeo. El costo de estos equipos incluye el asesoramiento para el montaje de los tableros y presostatos y el servicio de puesta en marcha.

5.1. DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS PROPUESTOS

5.1.1. Línea de bombeo 1

5.1.1.1. Bombas Centrifugas

De acuerdo al análisis realizado las actuales electrobombas centrifugas hidrostal C2x5 y C1.5x2.5 cubren los puntos de operación del sistema, por tanto se seguirán utilizando, poseen las siguientes características:

- *Bomba centrifuga de eje libre roscada Hidrostal modelo C2x3*
Caja fabricada en hierro fundido nodular, las roscas en las conexiones son americanas. El impulsor del tipo centrifugo cerrado fabricado en fierro fundido nodular. El sello mecánico es el estándar construido con elementos de acero y buna. El soporte es

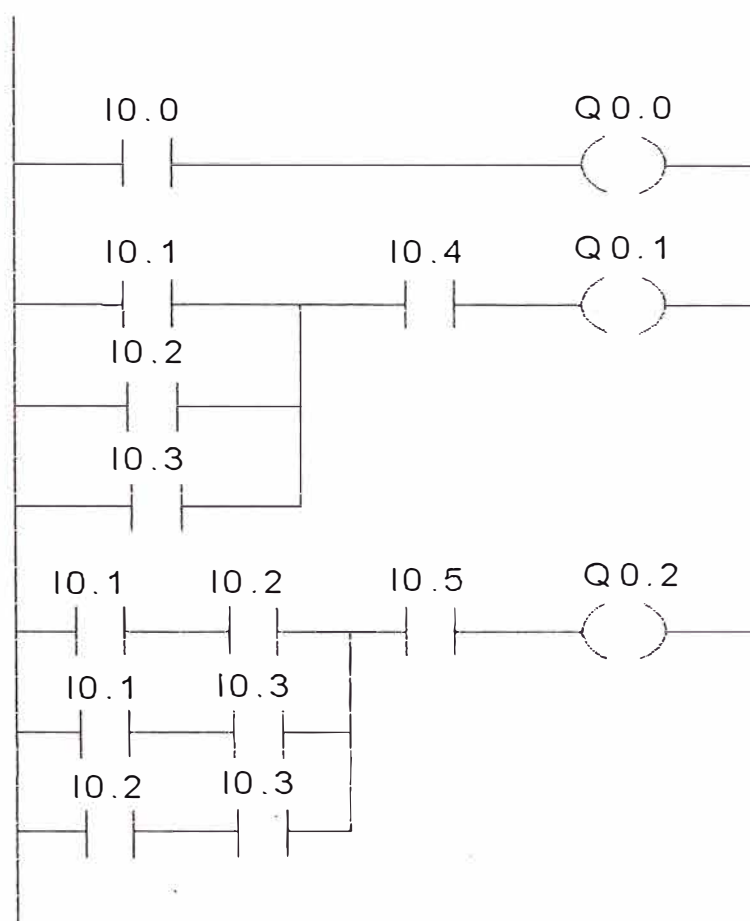
construido en fierro fundido gris, rodamientos lubricados por grasa. Eje de acero al carbono. Aplicación transporte de agua limpia.

- *Electrobomba centrifuga monoblock Hidrostral modelo C1.5x2.5-11.5T*, caja fabricada en fierro fundido nodular, las roscas en las conexiones son americanas. El impulsor del tipo centrifugo cerrado fabricado en fierro fundido nodular. El sello mecánico es el estándar construido con elementos de acero y buna. Motores eléctricos normas IEC, suministro de voltaje 220/38/440 vac 60hz 3450 rpm. Eje en acero AISI 1045. Rodamientos sellados y pre lubricados. Aislamiento clase B. Aplicación transporte de agua limpia.

5.1.1.2. Tablero de Arranque y Control

- *Modo de control*, El control es de lazo cerrado, se controla la presión de la línea de bombeo mediante un 02 presostatos regulables, estos activan contactos seteados y envían estas señales digitales hacia el PLC, el cual al recibir estas señales arranca o para las electrobombas. El proceso no es cíclico, sino, opera cuando se requiere realizar el teñido de un lote de producto. A continuación se muestra un ejemplo de programa en diagrama de contactos.

Figura 5.1 programa en diagrama de contactos KOP

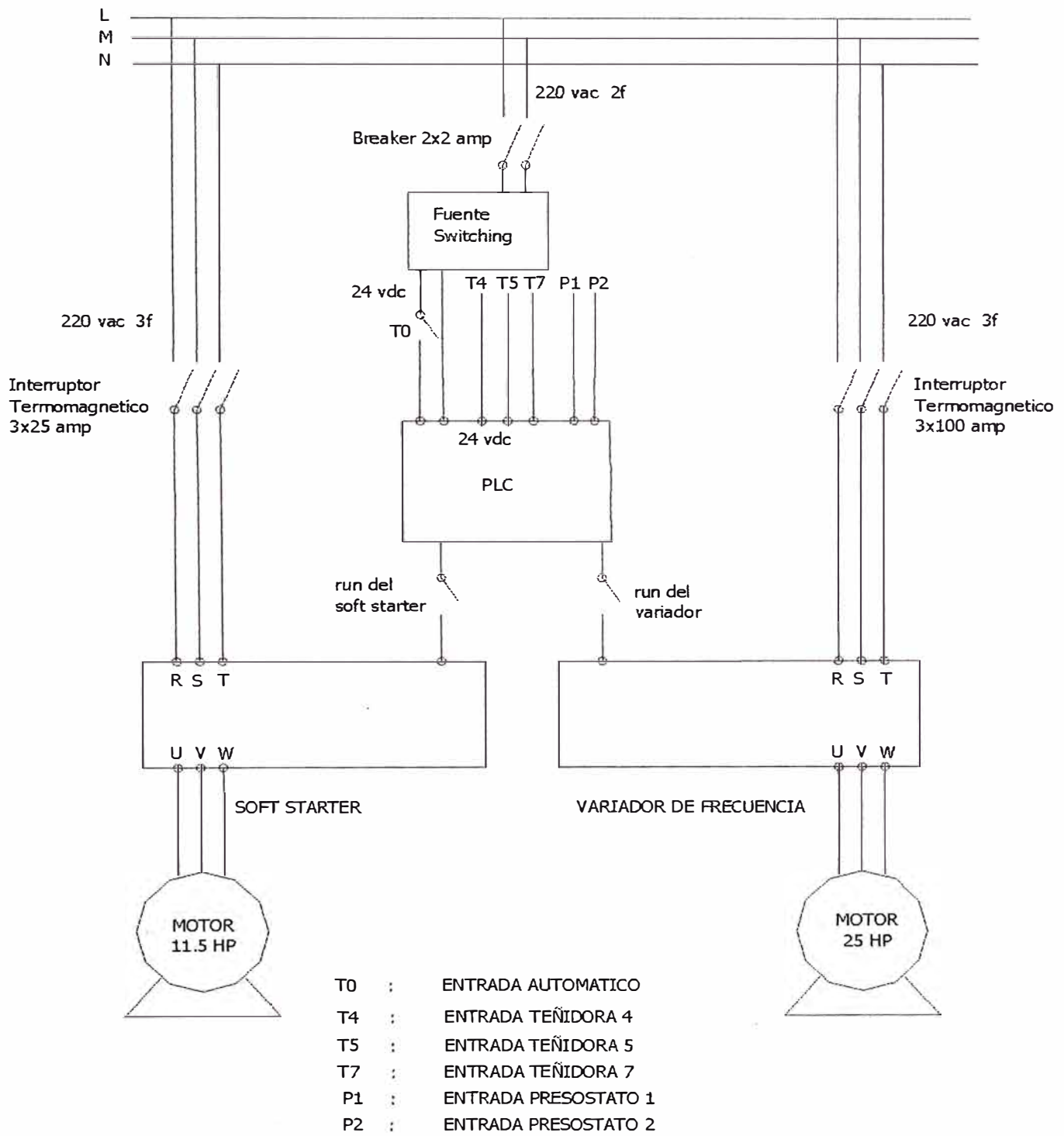


Entrada automatico T0	;	entrada I0.0
Entrada automatico T4	;	entrada I0.1
Entrada automatico T5	;	entrada I0.2
Entrada automatico T7	;	entrada I0.3
Entrada automatico P1	;	entrada I0.4
Entrada automatico P2	;	entrada I0.5
Salida automatico PLC	;	salida Q.00
Salida variador Q1	;	salida Q0.1
Salida soft starter Q2	;	salida Q0.2

Fuente Propia

- *Circuito de potencia y selección de componentes*
 - Sistema de potencia electrobomba C2x3
 - Interruptor termo magnético, capacidad: 100 amperios, clase C, montaje atornillable, construcción en caja moldeada, regulación: variable.
 - Variador de frecuencia, potencia: 25 hp, voltaje 220 vac, numero de fases: 03, frecuencia 60 hz, tipo vectorial, protección ip55, entradas 02 analógicas y 02 digitales.
 - Sistema de potencia electrobomba C1.5x2.5
 - Interruptor termo magnético, capacidad: 25 amperios, clase C, montaje atornillable, construcción caja moldeada, regulación variable.
 - Arrancador Soft starter, potencia 12 HP, voltaje 220 vac, frecuencia 60 Hz, numero de fases 03, protección ip55, entradas: 02 digitales.

Figura 5.2 Esquema del circuito automático de control y fuerza



Fuente: Propia

- *Circuito de control y selección de componentes*
 - Breaker, tipo: clase C, numero de polos 02, capacidad 4 amperios, montaje riel.
 - Fuente de voltaje, voltaje entrada 220 vac, voltaje salida: 24 vdc / 2.25 amperios, tipo switching aislada, montaje riel.
 - PLC, entrada 06 digitales o más, salidas 02 relays o mas, voltaje 24 vdc, montaje riel.
 - Presostatos, rango de presión: 0 – 100 psi, 02 contactos secos, conexión: roscada.

- *Accesorios para ensamble*

El sistema de arranque y de control se ensamblan, de acuerdo a las normas IEC, en un gabinete metálico para empotrar, la protección es del tipo ip65, con chapa, y llave de cierre. Las dimensiones son 1400 mm de alto x 800 mm de ancho x 400 mm de profundidad, espesor de plancha 1.5mm. Pintura electrostática ral 7032 color gris. Además está compuesta por los siguientes accesorios.

- Barras de fuerza, dimensiones de 5mmx30mm de sección, colores: rojo, verde, azul; material: cobre.
- Borneras, conexión: 2mm² (fuerza), 1 mm² (control), color: gris (fuerza) y verde con amarillo (control), montaje en riel
- Cable de fuerza y control, Calibre 3x8AWG (fuerza), 2x14 awg (control), Tipo: alambre solido
- Selector manual cero automático, Protección ip65, dimensiones: 22mm.

- Pulsadores marcha y parada, Protección ip65, dimensiones: 22 mm, colores: verde y rojo.
- Pulsador de emergencia, Protección ip65, Dimensiones: 40 mm, color: rojo, tipo: hongo.
- Ventilador + filtro y rejilla, dimensiones: 4 pulgadas diámetro
- voltaje: 220 vac, numero de fases: 02.
- Canaletas, marcadores, etc.

5.1.2. línea de bombeo 2

5.1.2.1. Bombas Centrifugas

De acuerdo al análisis realizado la electrobomba centrifuga de C2x3 conjuntamente con la electrobomba de C1.5x2.5 cubren todos los puntos de operación del sistema, por tanto se seguirá utilizando las mismas electrobombas.

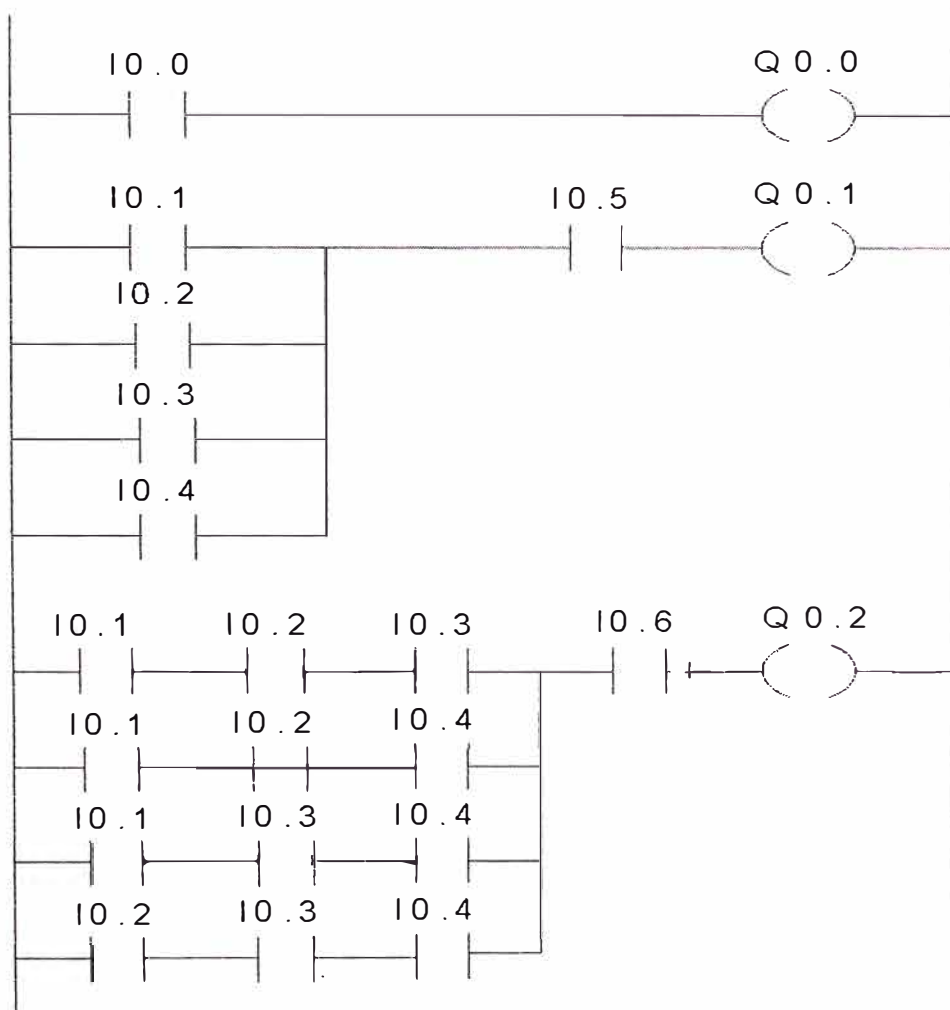
- *Bomba centrifuga de eje libre roscada Hidrostral modelo C2x3,* Caja fabricada en hierro fundido nodular, las roscas en las conexiones son americanas. El impulsor del tipo centrifugo cerrado fabricado en fierro fundido nodular. El sello mecánico es el estándar construido con elementos de acero y buna. El soporte es construido en fierro fundido gris, rodamientos lubricados por grasa. Eje de acero al carbono. Aplicación transporte de agua limpia.
- *Electrobomba centrifuga monoblock Hidrostral modelo C1.5x2x5-11.5T,* caja fabricada en hierro fundido nodular, las roscas en las conexiones son americanas. El impulsor del tipo centrifugo

cerrado fabricado en fierro fundido nodular. El sello mecánico es el estándar construido con elementos de acero y buna. Motores eléctricos normas IEC, suministro de voltaje 220/38/440 vac 60hz 3450 rpm. Eje en acero AISI 1045. Rodamientos sellados y pre lubricados. Aislamiento clase B. Aplicación transporte de agua limpia.

5.1.2.2. Tablero de Arranque y Control

- *Modo de control*, El control es de lazo cerrado, se controla la presión de la línea de bombeo mediante un 02 presostatos regulables, estos activan contactos seteados y envían esta señales digitales hacia el PLC, el cual al recibir estas señales arranca o para las electrobombas. El proceso no es cíclico, sino, opera cuando se requiere realizar el teñido de un lote de producto. A continuación se muestra un ejemplo de programa en diagrama de contactos.

Figura 5.3 programa en diagrama de contactos (KOP)

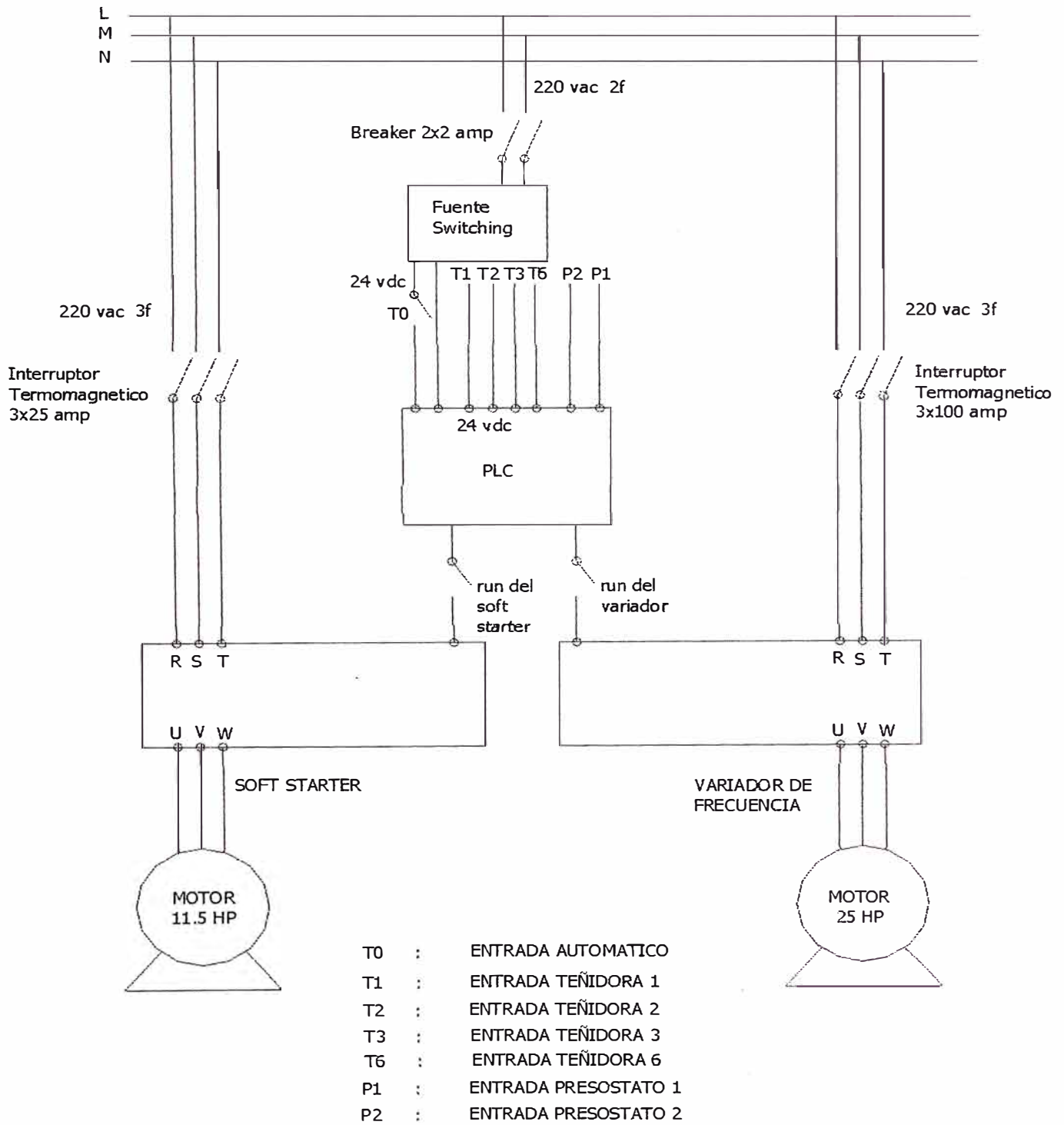


Entrada automatico T0	;	entrada 10.0
Entrada automatico T1	;	entrada 10.1
Entrada automatico T2	;	entrada 10.2
Entrada automatico T3	;	entrada 10.3
Entrada automatico T6	;	entrada 10.4
Entrada automatico P1	;	entrada 10.5
Entrada automatico P2	;	entrada 10.6
Salida automatico PLC	;	salida Q.00
Salida variador Q1	;	salida Q0.1
Salida soft starter Q2	;	salida Q0.2

Fuente: Propia

- *Circuito de potencia y selección de componentes*
 - Sistema de potencia electrobomba C2x3
 - Interruptor termo magnético, capacidad 100 amperios, clase C, montaje atornillable, construcción caja moldeada, regulación variable.
 - Variador de frecuencia, potencia 25 hp, Voltaje: 220 vac, número de fases 03, frecuencia 60 hz, tipo vectorial, protección ip55, entradas 02 analógicas.
 - Sistema de potencia electrobomba C1.5x2.5
 - Interruptor termo magnético, capacidad 25 amperios, clase C, montaje atornillable, construcción: caja moldeada, regulación variable.
 - Arrancador Soft starter, potencia, 12 HP, voltaje 220 vac, frecuencia 60 Hz, numero de fases 03, protección: ip55, entradas: 02 digitales.

Figura 5.4 Esquema del circuito automático de control y fuerza



Fuente: Propia

- *Circuito de control y selección de componentes*

- Breaker, tipo clase C, numero de polos: 02, capacidad 4 amperios, montaje riel.
- Fuente de voltaje, voltaje entrada: 220 vac, voltaje salida: 24 vdc / 2.25 amperios, tipo: switching aislada, montaje riel.
- PLC, entrada: 06 digitales o más, salidas 04 relays o mas, voltaje: 24 vdc, montaje riel.
- Presostatos, rango de presión: 0 – 100 psi, 02 contactos secos, conexión: roscada en línea.

- *Accesorios para ensamble*

El sistema de arranque y de control se ensamblan, de acuerdo a las normas IEC, en un gabinete metálico para empotrar, la protección es del tipo ip65, con chapa, y llave de cierre. Las dimensiones son 1400 mm de alto x 800 mm de ancho x 400 mm de profundidad, espesor de plancha 1.5mm. Pintura electrostática ral 7032 color gris. Además está compuesta por los siguientes accesorios.

- Barras de fuerza, dimensiones de 5mmx30mm de sección, colores: rojo, verde, azul; material: cobre.
- Borneras, conexión: 2mm² (fuerza), 1 mm² (control), color: gris (fuerza) y verde con amarillo (control).
- Cable de fuerza y control, Calibre 3x8AWG (fuerza), 2x14 awg (control), Tipo: alambre solido
- Selector manual cero automático, Protección ip65, dimensiones: 22mm.

- Pulsadores marcha y parada, Protección ip65, dimensiones: 22 mm, colores: verde y rojo.
- Pulsador de emergencia, Protección ip65, Dimensiones: 40 mm, color: rojo, tipo: hongo.
- Ventilador + filtro y rejilla, dimensiones: 4 pulgadas diámetro voltaje: 220 vac, numero de fases: 02.
- Canaletas, marcadores, etc.

5.2. EVALUACION ECONOMICA

Se solicitara cotizaciones a las principales empresas dedicadas a la comercialización de equipamiento eléctrico para la industria. Se adjunta presupuesto. A continuación se presenta el cuadro de costo de tableros eléctrico de arranque y control, además, del presostato para seteo de presión.

Tabla 5.1 Costos de Tableros de arranque y control

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
02	Tablero arrancador variador de Frecuencia electrobomba 25 HP y arrancador sof starter de electrobomba de 11.5 HP	7100.00 \$	14200.00 \$
04	Presostatos Danfoss modelo CS	90.00 \$	360.00 \$
	Total		14560.00 \$

Fuente: Cotización de Precisión Perú s.a.

Con los valores obtenidos del ahorro mensual por consumo de energía eléctrica y costo de los tableros eléctricos para arranque y control de las electrobombas de las líneas de bombeo 1 y 2, podemos estimar, de manera aproximada, el periodo de recuperación de la inversión inicial.

Considerando el ahorro mensual por consumo de energía eléctrica como flujo uniforme, el periodo de recuperación lo determinamos por la siguiente ecuación:

$$n_p = \frac{P}{FEN} \quad (20.0)$$

Donde:

n_p	:	periodo de recuperación (meses)
P	:	costo de los tableros eléctricos y accesorios (\$)
FEN	:	ahorro mensual por consumo de energía eléctrica (\$)

De donde obtenemos

$$n_p = 14560 \$ / ((S/. 7756,32 - S/. 2127,84) / (\$1.0 / S/ 2.8))$$

$$n_p = 7.24 \text{ meses}$$

En este cálculo no se considera el beneficio por obtener un ciclo de teñido adicional ni los costos por la instalación de los tableros eléctricos de arranque y control.

CONCLUSIONES

1.0 El sistema de bombeo modificado permitirá reducir el tiempo de llenado en las maquinas teñidoras de mayor capacidad (teñidora 5 y teñidora 6) las cuales están siempre en operación. En la siguiente tabla mostramos los casos en que se reduce el tiempo de llenado en las maquinas teñidoras.

Línea	Teñidora	Electrobombas actuales	Tiempo llenado sistema actual (min)	Electrobombas propuesta	Tiempo llenado sistema propuesto (min)
1	T5	C1,5x2,5	3,15	C2x3	1,28
1	T4 y T5	C2x3	1,60+3,33	C2x3 y C1,5x2,5	1,33+3,01
1	T4 y T7	C2x3	1,60+2,14	C2x3 y C1,5x2,5	1,41+1,86
1	T5 y T7	C2x3	3,11+2,14	C2x3 y C1,5x2,5	2,83+1,86
2	T6	C1,5x2,5	5,02	C2x3	3,26
2	T1 y T6	C2x3	0,42 y 5,06	C2x3 y C1,5x2,5	0,42+4,31
2	T2 y T6	C2x3	0,48 y 4,73	C2x3 y C1,5x2,5	0,43+4,19
2	T3 y T6	C2x3	1,04 y 4,88	C2x3 y C1,5x2,5	0,83+4,44

2.0 El sistema de bombeo modificado permitirá un modo de arranque suave de los motores eléctricos de las electrobombas reduciendo el pico de la corriente en el arranque, reduciendo los costos de consumo de energía eléctrica. En la siguiente tabla se muestra los resultados donde se compara los costos por consumo de energía eléctrica, se aprecia el sistema de bombeo propuesto nos producirá menor costo.

	actual	propuesto		Costo actual	Costo propuesto
	kW	kW	Céntimos de sol / kW	Soles	Soles
Potencia generación hora punta	113.2	31.0	25,77	2912,01	798,87
Potencia distribución hora punta	113.2	31.0	42,87	4844,31	1328,97
Exceso de potencia activa fp	0.0	0	33,27	0.0	0
			Total	7756,32	2127,84

RECOMENDACIONES

- 1.0 Aumentar los diámetros de las tuberías correspondientes a las líneas de bombeo 1 y 2, con el fin de reducir las pérdidas de presión en el caso de querer aumentar el flujo de agua hacia las maquinas teñidoras y reducir el tiempo de llenado de las mismas.

- 2.0 Cambiar el voltaje del suministro de energía eléctrica, de 220 vac a 440 vac, con esto se reduce la corriente de arranque de los motores de las electrobombas y en general de los motores de la planta.

BIBLIOGRAFIA

- BOMBAS SIHI HALBERG, *principios básicos para el diseño de bombas centrifugas*, Colombia 1999.
- SULZER PUMPS, *sulzer centrifugal pump handbook*, Suiza 1998.
- IGOR J. KARASSIK, WILLIAM C. KRUTZSCH, WARREN H. FRAZER, *Manual de Bombas. Diseño, aplicación, especificaciones, operación y mantenimiento*. McGraw-Hill. USA 2004.
- STEPHEN J. CHAPMAN, *Maquinas eléctricas*, MacGraw – Hill. USA 2005
- HIDROSTAL S.A.
Catalogo de Bombas centrifugas, http://www.hidrostal-peru.com/images_proyectos/electrobombaseriebc.pdf.

ANEXOS

PRECISION PERÚ S.A.

AV. REPUBLICA DE PANAMÁ 2131, STA. CATALINA, LA VICTORIA
 TELEF :51-1 265 6666
 FAX :51-1 265 1058

**DETALLE DE VENTA PARA**

CLIENTE: **RICARDO ALPISTE MARTINEZ**
 DIRECCION: Jr. Jose Samanez Ocampo 564 - Los Olivos
 CONTACTO: **RICARDO ALPISTE MARTINEZ**
 TELEFONO: 988030867
 FAX: 988030867
 E-MAIL: riam2000@hotmail.com

COTIZACION 07012011 RICARDO ALPIST

FECHA: 07/01/2011
 PROYECTO: **TABLERO ELECTRICO**
 Hoja: 1

Item	Cantidad	Nº Parte	Detalle	P. Unit. US\$	P. Total US\$	Stock
01	2		<p>Tablero electrico para arranque y control, compuesto por:</p> <p>(01) Gabinete metalico marca Hofmann (usa) fabricado en plancha de acero estructural, pintura ral 7032, grado de protección IP55, Bandeja metálica doble fondo, Chapa con llave, dimensiones 1500x800x400.</p> <p>(01) interruptor termo magnetico Allen Bradley, 140UE-H2E3-D10, Regulable de 80 – 100 amperios</p> <p>(01) Variador de frecuencia Allen Bradley 22C-B090A103, 25 hp, 220 vac trifásico, 60 hz.</p> <p>(01) interruptor termo magnetico Allen Bradley, 140UE-H2E3-C25, Regulable de 20 – 25 amperios</p> <p>(01) Arrancador de estado solido Allen Bradley 150-C19NBD, 19 Amp, 220 vac trifásico, 60 hz.</p> <p>(01) Interruptor automatico miniatura, 2 polos, disparo curva C, 4 Amp 1492-SP2C040.</p> <p>(01) Fuente Allen Bradley, potencia 60w; entrada: monofásica ca 100-120/200-240v selección manual, cc 160-375v, salida: cc24v 2.5 Amp, 1606-XL60D.</p> <p>(01) Pico PLC Allen Bradley de (12) entradas a 24 vdc, (06) salidas rele, expandible, voltaje alimentacion 24 vdc, reloj en tiempo real y pantalla 1760-L18BWB-EX.</p> <p>(01) Selector Allen Bradley, 3 posiciones mantenidos de 30.5mm type 4/13, maneta estandar, 1NO 1NC, 800T-J2A.</p> <p>(01) Boton pulsador Allen Bradley, 30.5mm type 4/13, verde, rasante, 1 NO, 800T-A1D1.</p> <p>(01) Boton pulsador 30.5mm type 4/13, rojo, extendido, 1 NO 1 NC, 800T-B6A.</p> <p>(01) Pulsador de emergencia Allen Bradley 800T</p>	7.100,00	14.200,00	06 - 08 semanas
01	4		Presostatos Danfoss modelo CS	90,00	360,00	06 - 08 semanas
			*OBS.: Ver nuestra hoja de especificaciones tecnicas adjunta			
TOTAL NETO					US\$ 14.560,00	

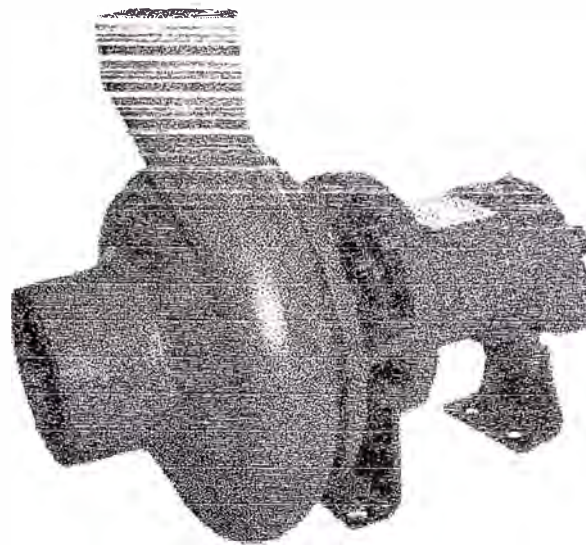
Condiciones de Venta

Precios : Sin IGV
 Validez Oferta : 15 Días
 Moneda : Dolares
 Garantia : Ver nuestra hoja de condiciones adjunta
 Pago : 50% orden - 50% contraentrega
 Plazos de Entrega : Segun Stock
 Lugar de Entrega : Bodegas Lima

Emitir Orden de Compra a Precision Perú S.A.
RUC: 20293331066

Observaciones:

Gracias por considerar a Precision Perú S.A
ventas@precisionperu.com



C1 1/2x2

BOMBA EJE LIBRE CON CONEXIONES ROSCADAS

DESCRIPCION GENERAL

La bomba de eje libre y conexiones roscadas es un equipo de bombeo confiable y eficiente para múltiples aplicaciones. Un mínimo de componentes, y una construcción simple y robusta garantizan un servicio eficiente y libre de mantenimiento.

DETALLES CONSTRUCTIVOS

Caja: Fabricada en hierro fundido gris o nodular. Diseñada con sistema "back pull out" que permite un rápido desmontaje para una eventual reparación o inspección. Alternativamente se suministra en acero inoxidable. Cuentan en la succión y descarga con roscas americanas estándar.

Impulsor: Del tipo centrífugo cerrado. Fabricado en hierro fundido gris o nodular, está diseñado para una máxima eficiencia de bombeo. Balanceado electrónicamente

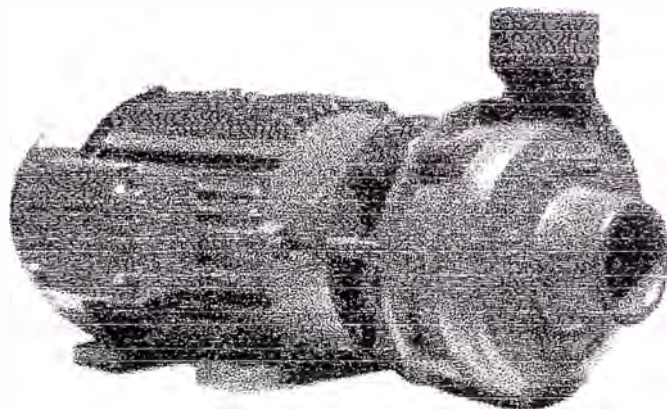
para evitar vibraciones. Alternativamente se suministra en bronce o acero inoxidable.

Sello mecánico: Como ejecución estándar se suministra el equipo con sello mecánico marca John Crane Tipo 21. El sello es construido con elementos de acero y buna, caras de cerámica y carbón, permitiendo las operaciones en condiciones severas de hasta 90°C y presiones hasta 75 PSI. No requiere ajuste o mantenimiento.

Soporte: Construido en hierro fundido gris con rodamientos lubricados por grasa, especialmente seleccionados para severas condiciones de operación. Eje de acero al carbono dimensionado con amplio factor de seguridad.

APLICACIONES

Agricultura, suministro de agua potable, riego en general, sistemas de calefacción y aire acondicionado, construcción, minería, industria en general.



C1 1/2x2-5.7T

ELECTROBOMBA CENTRIFUGA MONOBLOCK SERIES B y C

DESCRIPCION GENERAL

Equipo de bombeo compacto, de alta eficiencia y robusto. Un mínimo de componentes garantiza un servicio eficiente y libre de mantenimiento. Diseñado para trabajo pesado.

DETALLES CONSTRUCTIVOS

Motor Monofásico: Abierto para suministro monofásico de 220 / 110 V, 60 Hz, 3450 RPM. Eje de acero inoxidable AISI 420. Rodamientos sellados y prelubricados. Con protector térmico contra sobrecargas.

Motor Trifásico: Abierto para suministro trifásico de 220 / 440 V, 60 Hz, 3450 RPM; hasta 3.4 HP. A partir de 5.7 HP los motores son cerrados según norma IEC, para suministro trifásico de 220 / 380 / 440 V, 60 Hz, 3450 RPM y eje en acero AISI 1045. Rodamientos sellados y prelubricados. No requiere mantenimiento, Aislamiento Clase B.

Caja: Fabricada en hierro fundido gris. Probadamente hidrostáticamente.

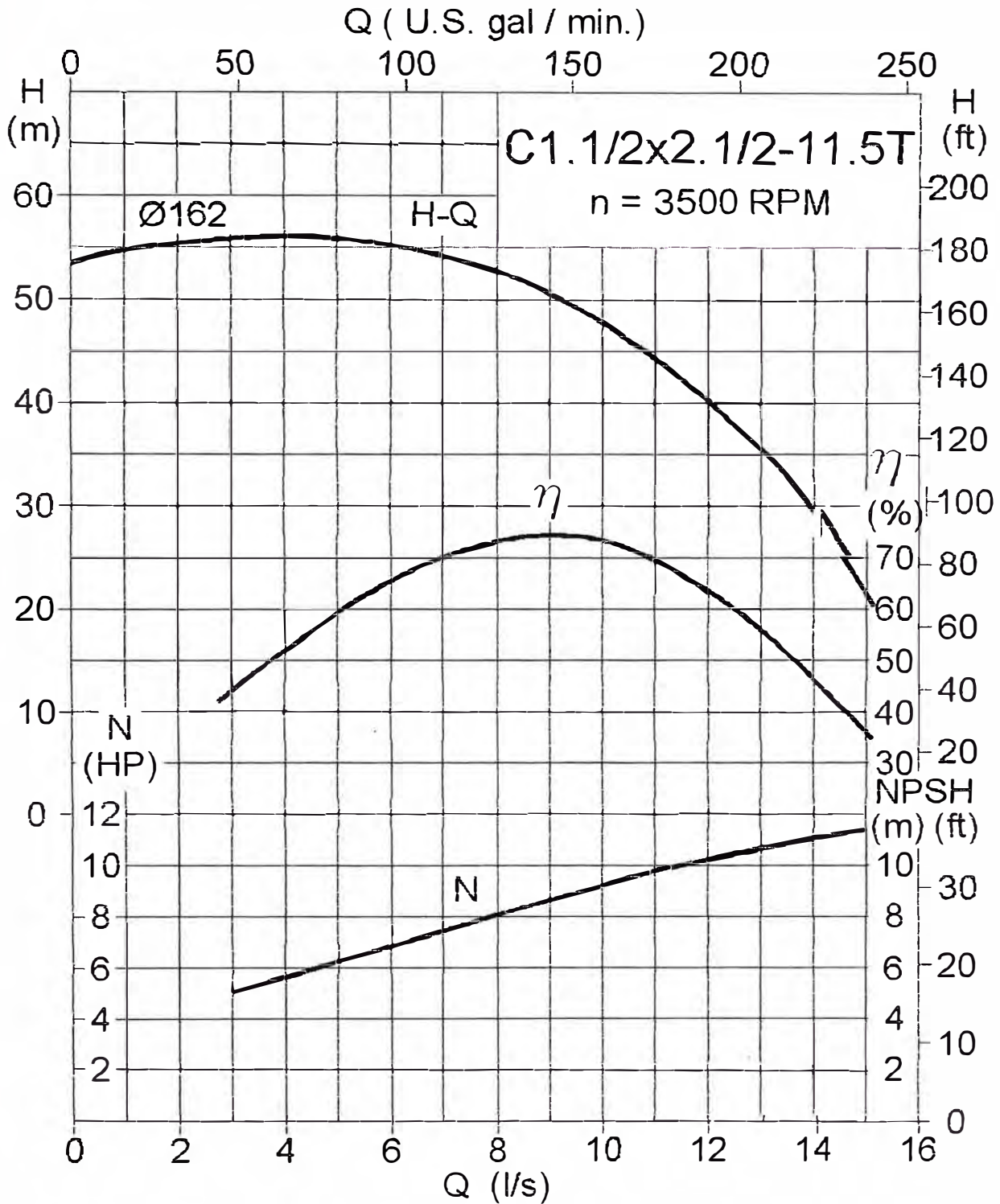
Impulsor: Tipo centrífugo. Fabricado en hierro fundido gris, con alta resistencia a la corrosión y al desgaste. Balanceado estática y dinámicamente para evitar vibraciones. Está montado directamente sobre el eje del motor, asegurando un perfecto alineamiento.

Sello mecánico: Marca John Crane, Tipo 6 para ejes de $\varnothing 3/8$ " y Tipo 21 para los ejes de $\varnothing 1.1/8$ ". Construido con elementos de acero y buna, caras de cerámica y carbón. Permite operaciones en condiciones severas de hasta 90°C y 75 PSI. No requiere ajuste ni mantenimiento.

APLICACIONES

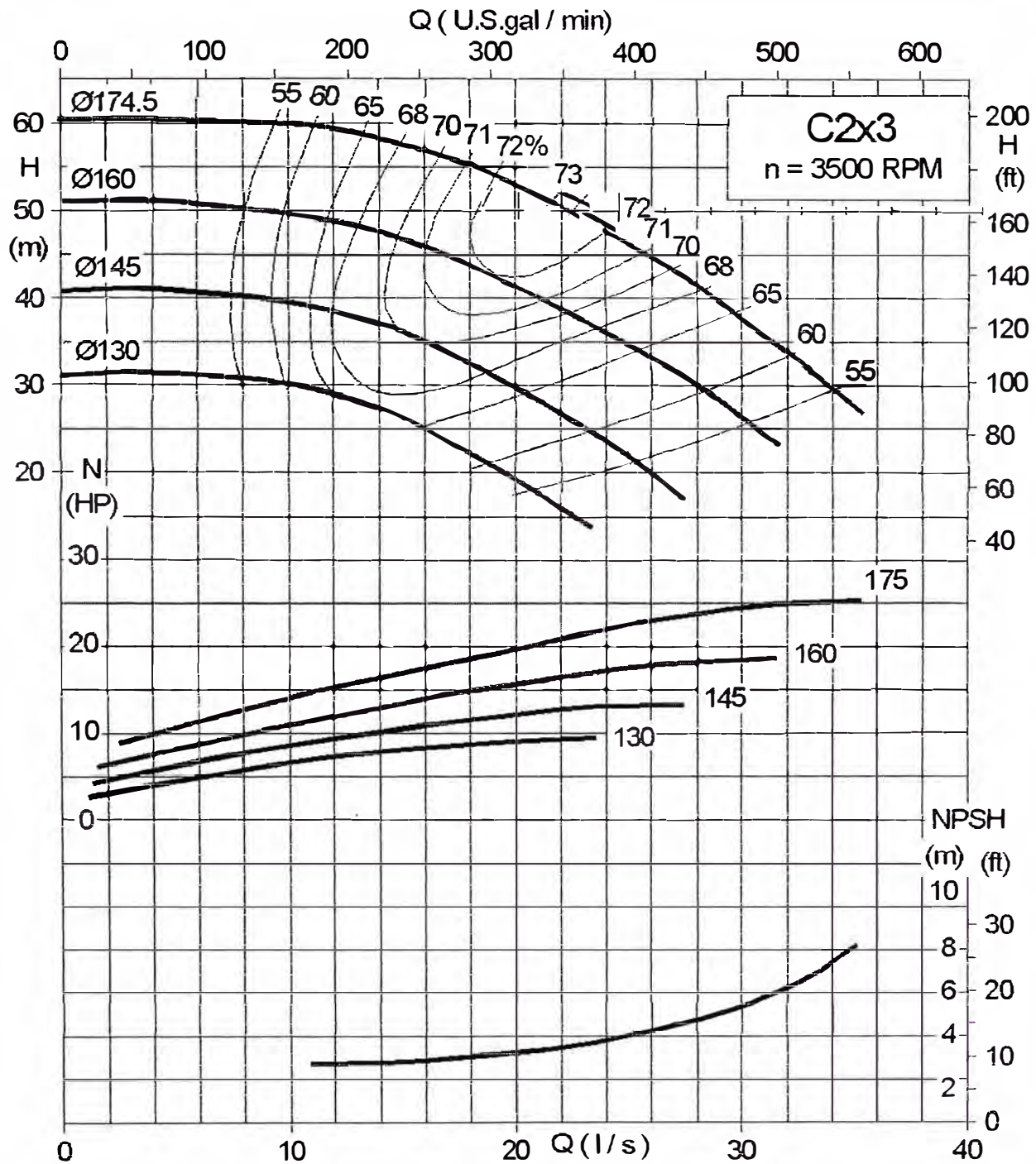
Suministro de agua potable en edificios de gran altura, recirculación de líquidos, riego tecnificado, equipos hidroneumáticos, industrias y minería.

CURVAS DE OPERACION A 60 Hz



CURVAS EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACION (AGUA LIMPIA A 20°C) DE ACUERDO A NORMA ISO 9906 GRADO 2

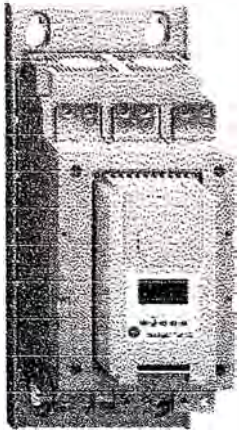
CURVAS DE OPERACION A 60 Hz



CURVAS EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACION (AGUA LIMPIA A 20°C) DE ACUERDO A NORMA ISO 9906 GRADO 2

SMC™ Flex Smart Motor Controller

Product Overview



Bulletin 150 — SMC Flex Smart Motor Controller

The SMC Flex controller provides microprocessor controlled starting for standard 3-phase squirrel-cage induction or Wye-Delta (6-lead) motors. Seven standard modes of operation are available within a single controller.

- 1...1250 A Range
- Seven Standard Start Modes
- Options Include Pump Control and Braking Control

Features

- Built in SCR Bypass/Run Contactor
- Built in Electronic Motor Overload Protection
- CT on each Phase
- Metering
- DPI Communication
- LCD Display
- Keypad Programming
- Four Programmable Auxiliary Contacts

The SMC Flex controller is available for motors rated 1...1250 A; 200...480V AC, 200...600V AC, or 230...690V AC, 50/60 Hz. In addition to motors, the SMC Flex controller can be used to control resistive loads.

Table of Contents

Description of Features.....	4
Cat. No. Explanation	5
Product Selection.....	6
Options.....	16
Accessories.....	17
Specifications.....	19
Approximate Dimensions and Shipping Weights.....	24

Standards Compliance/Approvals

- UL 508
- EN/IEC 60947-4-2
- cULus Listed (open type) File No. E96956
- CE Marked (open type) per EMC Directive and Low Voltage Directive
- CCC (108...480 A)

Modes of Operation

The SMC Flex controller provides the following modes of operation as Standard:

Soft Start

This method covers the most general applications. The motor is given an initial torque setting, which is user adjustable. From the initial torque level, the output voltage to the motor is steplessly increased during the acceleration ramp time, which is user adjustable.

Selectable Kickstart

The kickstart feature provides a boost at startup to break away loads that may require a pulse of high torque to get started. It is intended to provide a current pulse, for a selected period of time.

Current Limit Start

This method provides current limit start and is used when it is necessary to limit the maximum starting current. The starting current is user adjustable. The current limit staling time is user adjustable.

Dual Ramp Start

This starting method is useful on applications with varying loads, starting torque, and start time requirements. Dual Ramp Start offers the user the ability to select between two separate start profiles with separately adjustable ramp times and initial torque settings.

Full Voltage Start

This method is used in applications requiring across-the-line starting. The SMC controller performs like a solid-state contactor. Full inrush current and locked-rotor torque are realized. The SMC may be programmed to provide full voltage start in which the output voltage to the motor reaches full voltage in 1/4 second.

Linear Speed Acceleration

With this type of acceleration mode, a closed-loop feedback system maintains the motor acceleration at a constant rate. The required feedback signal is provided by a DC tachometer coupled to the motor (tachometer supplied by user 0...5V DC, 4.5V DC = 100% speed). Kickstart is available with this mode.

Preset Slow Speed

This method can be used on applications that require a slow speed for positioning material. The Preset Slow Speed can be set for either Low, 7% of base speed, or High, 15% of base speed. Reversing is also possible through programming. Speeds provided during reverse operation are Low, 10% of base speed, or High, 20% of base speed.

Soft Stop*

The Soft Stop option can be used in applications requiring an extended stop time. The voltage ramp down time is use adjustable from 0 to 120 seconds. The load will stop when the voltage drops to a point where the load torque is greater than the motor torque.

LISTEN.
THINK.
SOLVE.®

PRODUCT PROFILE

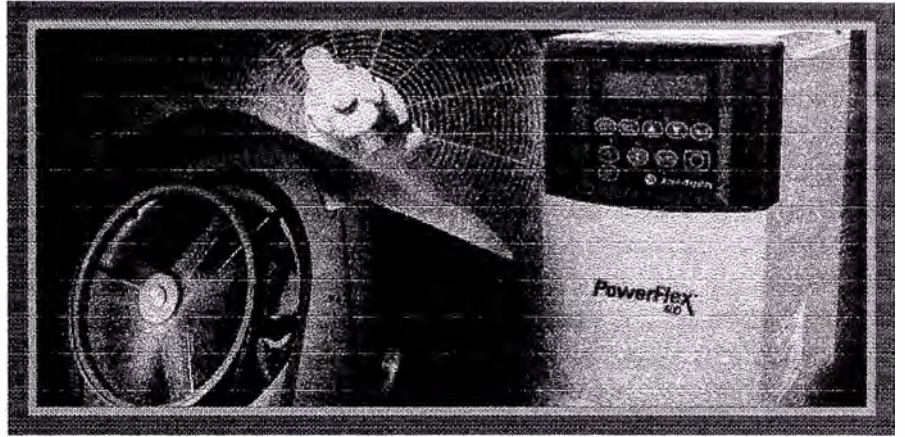
POWERFLEX® 400 AC DRIVE

AC DRIVE OPTIMIZED FOR COMMERCIAL FAN AND PUMP APPLICATIONS

Providing users with easy installation in mechanical fan and pump systems, the Allen-Bradley PowerFlex® 400 AC drive offers a wide range of built-in features allowing for seamless building system integration. Available in power ratings of 2.2-250 kW (3.0-350 Hp) @ 380 – 480V AC and 2.2-37 kW (3.0-50 Hp) @ 200 – 240V AC, the PowerFlex 400 AC Drive is designed to meet global OEM, contractor and end-user demands for flexibility, space savings and ease-of-use. The PowerFlex 400 AC drive is a cost-effective solution for speed control in variable torque fan and pump applications.

Features

- Integral PID Controller allows a process variable to be maintained by automatically adjusting the output frequency
- Three programmable Skip Frequencies and Bands prevent the drive from running continuously at resonant speeds which could cause mechanical breakdowns
- Selectable Fan/Pump Curves provide reduced voltage patterns for centrifugal fan and pump loads
- Sleep Function allows the drive to be cycled off when the system demand drops below a preset level and to be restarted automatically when the demand increases
- For applications that require unattended operation, the Start At PowerUp Function provides the ability to resume running once power is restored after a power outage
- Connection to fire and life safety systems via Freeze/Fire and Purge inputs
- Auxiliary Motor Control allows staging of additional line-started motors to meet system demand
- Damper Input can be used to disable the drive output until desired damper position is obtained, even with a valid run command



PowerFlex 400 AC Drive

Operator Keypad

- Integral keypad features 2 line, 16 character LCD display
- 5 LED indicators provide system configuration and fault status
- Configurable Hand/Off/Auto function buttons

Communications

- RS485 communications integral to base drive
- Embedded Modbus RTU, Metasys N2 and P1-Plant Floor Network protocols are parameter selectable and require no additional hardware or software
- Supports Drive Serial Interface (DSI) communication modules and accessories including DeviceNet™, EtherNet/IP™, ControlNet™, PROFIBUS™ DP, BACnet™, LonWorks™ and Bluetooth™ communications adapters
- DriveExplorer™ and DriveTools™ SP software can be used to easily program, monitor and control the drives

Premier Integration with PowerFlex Drives

For simplified AC drive start-up and reduced development time using the Allen-Bradley® Logix control platform, we've integrated PowerFlex® AC drive configuration with RSLogix™ 5000 software. This single-software approach simplifies parameter and tag programming while still allowing stand-alone drive software tool use on the factory floor.

Packaging

- Installation flexibility is enhanced by the UL plenum rating allowing for direct mounting in an air handling system
- Disconnect and contactor bypass packages in NEMA 1, 12, 3R and 4 designs simplify installation and startup by combining operator interface, control, communications and power options in preconfigured assemblies
- Contactor bypass packages supplied with 3 - contactors allowing drive test functionality and drive isolation when in bypass mode
- Meets seismic requirements of the 2003 International Building Code as specified by AC156

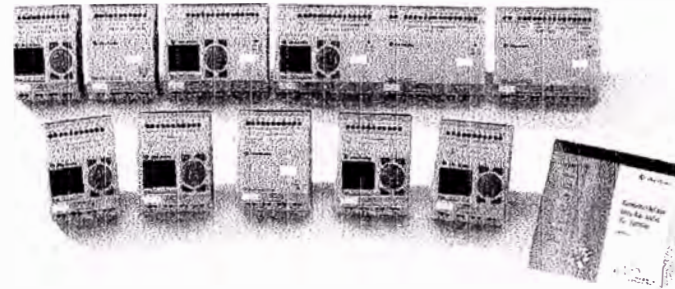


Pico Controller

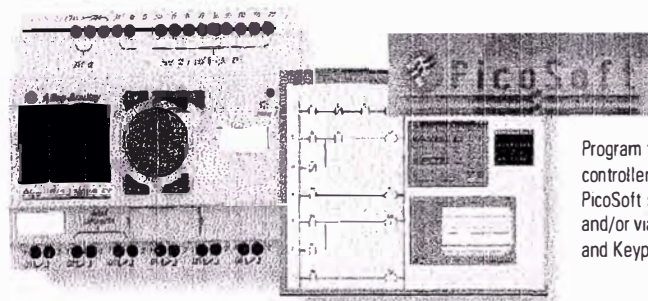
The Pico controller offers the ability to control more functions and larger applications with the addition of 12V dc controllers and expansion I/O modules (up to 38 I/O points). Selection, expansion possibilities, size and Allen-Bradley quality help make the Pico controller a popular choice for those who want to do more with greater ease. By switching from wiring and relays, to logic links, the Pico controller decreases the total cost of ownership while introducing many features and benefits to the process.

Smarter Than Your Average Relay

- Easier to use than a PLC**
 - No software required
 - Easy to program
- Even better than a single-board controller**
 - Standard, off-the-shelf product that is already developed
 - World-wide support and programming knowledge
- Intelligent relay replacement**
 - Changing system functions is a simple matter of reprogramming Pico. No rewiring necessary!
 - Cost effectively replaces 3-4 control relays and/or 1 timing relay
- Real-time clock functionality**
 - Programming control routines based on time-of-day or day-of-week is simple
- Permanent program retention**
 - Programs are stored in non-volatile EEPROM memory, and will not be lost in the event of a power failure
- Commissioning status display**
 - View the real-time analysis of the logic circuit
- Password security**
 - Control access to the program and parameters



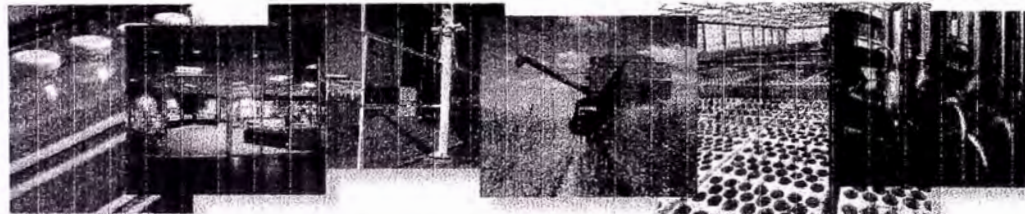
Programming Ease



Program the Pico controller with PicoSoft software and/or via the LCD and Keypad.

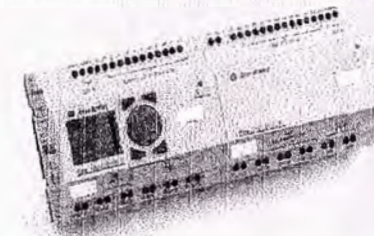
Applications

Machine Control
Commercial Lighting
Solar Cell Applications
Agriculture
Greenhouse
HVAC Systems
Vessel Control



KEY FEATURES AND BENEFITS






- **Small size** — smaller than many relays, saving panel space and reducing system cost
- **Simplicity** — performs basic PLC functions, such as logic, timing and counting. Any novice user can write simple programs or make data adjustments
- **Expandability** — 18-point Pico controllers accommodate expansion I/O modules, providing up to 20 additional I/O points
- **Programming ease** — no programming software to purchase. Use the available on-board LCD display and keypad for all programming and data changes, or download PicoSoft 3.0 when using non-display/keypad models, or when program simulation is desired
- **Selection** — full featured controllers provide the flexibility needed for one-of-a-kind applications, while models without the on-board keypad, LCD display, or real-time clock, provide value-oriented options for basic or repeat applications
- **Real-time clock** — control outputs based upon the time-of-day or day-of-week with this feature
- **Analog inputs** — two 0-10V dc analog inputs are provided on DC controllers
- **Controller line power** — 12V dc, 24V dc, or 120/240V ac versions available
- **Relay outputs** — reduce panel space and system cost with high current relay outputs that eliminate interposing relays



Molded Case Circuit Breakers

Overview

Product Line Overview

											
Frame Reference		H-Frame	J-Frame	L-Frame	M-Frame	N-Frame					
Current Range		16...160 A	20...250 A	100...630 A	300...800 A	600...1250 A					
Max. Current I_n		160 A	250 A	630 A	800 A	1250 A					
No. of Poles		3, 4	3, 4	3, 4	3	3, 4					
Dimensions (mm)	Height	140	178	258	406	406					
	Width	76, 102	105, 140	140, 184	210	210, 280					
	Depth	76	103	104	140	140					
Interrupting Ratings: kA		i_{cu}	i_{cs}	i_{cu}	i_{cs}	i_{cu}	i_{cs}	i_{cu}	i_{cs}	i_{cu}	i_{cs}
50 Hz	220...240V	25, 35, 85, 100	50%	65, 85, 100	100%	65, 85, 100	100%	65, 100	100%	85, 200, 200	100%
	380...415V	18, 25, 40, 70	50%	20, 40, 70	100%	25, 50, 70	100%	50, 70	100%	50, 70, 100	100%
	690V	6, 6, 7, 8	50%	6, 6, 7, 8	50%	2, 20, 25	50%	20, 25	100%	20, 35, 50	50%
60 Hz NEMA	220...240V	65, 85, 100		65, 85, 100, 200		65, 85, 100		65, 100		85, 100, 200	
	480V	25, 35, 65		25, 35, 65		35, 50, 65		50, 65		50, 65, 100	
	600V	18, 18, 25		18, 18, 25, 35		100, 65, 35		25, 35		25, 35, 50	
Protection Type											
Thermal-Magnetic		FF, AF	AA	AA	AA	AF	—				
Electronic		—	✓	✓	✓	✓	✓				
Disconnecter		✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Internal Accessories											
Alarm (Trip) Contacts		✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Auxiliary Shields		✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Aux/Alarm Combination		✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Shunt Trip		✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Undervoltage Release		✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Field Installable		✓	✓	✓	✓	✓	✓				
External Accessories											
Padlockable Hasp		✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Terminal Covers		✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Terminal Lugs		Stancart	Stancart	Stancart	Stancart	✓	✓				
End Cap Kits		✓	✓	✓	✓	✓	—				
Flex-Cable Operating Mech.		✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Variable Depth Rotary Operating Mechanism		✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Direct Coupler Rotary Operating Mechanism		✓	✓	✓	✓	—	—				
Phase Barriers		✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Plug-in Base		✓	✓	✓	✓	—	—				
Slide Bar Interlock		✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Standards Compliance											
IEC 60947-2		✓	✓	✓	✓	✓	✓				
CE		✓	✓	✓	✓	✓	✓				
KEMA-KEUR		✓	✓	✓	✓	✓	✓				