



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica**

**REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA**

HUGO ROBERTO CORZO CABALLEROS

Asesorado por Ing. José Mauricio Velázquez González

Guatemala, noviembre de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

HUGO ROBERTO CORZO CABALLEROS

ASESORADO POR: ING. JOSÉ MAURICIO VELÁZQUEZ GONZÁLEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR:	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
EXAMINADOR:	Ing. José Mauricio Velázquez González
EXAMINADOR:	Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 17 de septiembre de 2003.



Hugo Roberto Corzo Caballeros

Guatemala 14 de Agosto del 2005

Ingeniero
Mario Renato Escobedo Martínez
Director de la escuela de mecánica eléctrica
Facultad de ingeniería
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Presente.

Estimado director :

Por medio de la presente informo a usted, que como asesor de la práctica de Ejercicio Profesional Supervisado - E.P.S. - del estudiante universitario de la carrera de Ingeniería eléctrica, **HUGO ROBERTO CORZO CABALLEROS**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es: **REHABILITACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS**, el cual lo encuentro satisfactorio.

Es de mencionar que, dicho trabajo así como las conclusiones y recomendaciones planteadas dentro del mismo, constituyen un valioso aporte a nuestra facultad, y que para el futuro abre la oportunidad de efectuar otros valiosos trabajos.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el tramite correspondiente.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,



Ing. José Mauricio Velásquez Gonzáles
Ingeniero electricista
Colegiado No. 1513

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 05 de agosto de 2005
Ref. EPS. C. 268.08.05

Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
Director Escuela de Ingeniería Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Escobedo Martínez.

Por medio de la presente le informo que el estudiante universitario de la carrera de Ingeniería Eléctrica HUGO ROBERTO CORZO CABALLEROS, carné No. 34592, finalizó el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

El estudiante Corzo Caballeros, desarrolló el proyecto titulado "REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"; con duración de seis meses (equivalente al examen general privado) por lo que de acuerdo al Reglamento de EPS, solicito atentamente, autorizar la evaluación final del mismo para realizar los trámites correspondientes de graduación.

Sin otro particular y agradeciendo de antemano su colaboración.

Atentamente,

"Id y enseñad a todos"

Ing. Angel Roberto Sic Garcia
Coordinador Unidad de EPS



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELÉCTRICA
MECÁNICA INDUSTRIAL
RECIBIDO
Fecha: 10/8/05 19:10

cc. Archivo
ARSG/jm

Ing. José Mauricio Velázquez González

2ª. Calle 6-76, Zona 10, 01010 Guatemala, Guatemala, Tel. 417-7535

Guatemala, 16 de octubre de 2003

Ingeniero
Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Coordinador de EPS
Facultad de Ingeniería
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Presente

Estimado Ingeniero Arrivillaga:

Por medio de la presente hago de su conocimiento que he revisado la propuesta que planteara el estudiante **HUGO ROBERTO CORZO CABALLEROS**, carné 34592 para asesorarlo en el trabajo de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), el cual consistirá en la rehabilitación del equipo electromecánico de bombeo de agua potable de pozo profundo que suministra a la facultad de Ingeniería.

Se estima realizar el trabajo en un lapso de 6 meses calendario, iniciándose a partir del mes de octubre; el informe final se denominará **REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS**.

Considero que con dicho trabajo se estarán alcanzando todos los objetivos que establece el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS). Por lo tanto, comparto con el autor de este trabajo la responsabilidad que me compete sobre el mismo.

Al agradecerle la atención prestada a la presente me suscribo

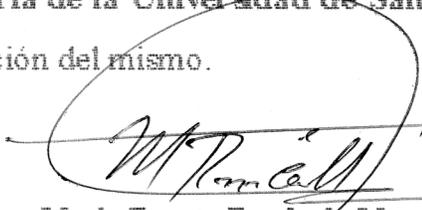
Atentamente,


Ing. José Mauricio Velázquez González
Ingeniero Electricista
Colegiado No. 1513



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Hugo Roberto Corzo Caballeros titulado: **Rehabilitación del Sistema de agua potable de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala**, procede a la autorización del mismo.


Ing. Mario Renato Escobedo Martínez

DIRECTOR



GUATEMALA, 26 DE OCTUBRE 2005.

Universidad de San Carlos
De Guatemala

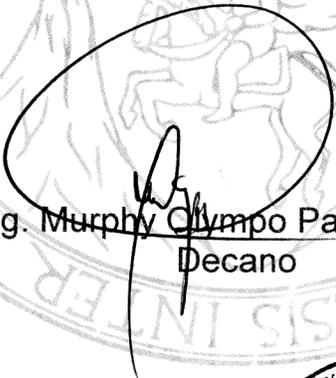


Facultad de Ingeniería
Decanato
Tels. 24769579 Exts. 101-102-114
Fax: 24760365

Ref. DTG.518.05

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Hugo Roberto Corzo Caballeros**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRIMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, Noviembre de 2005

/cdes

DEDICO ESTE ACTO DE GRADUACIÓN A:

DIOS

Por todas las bendiciones que me ha brindado y permitirme alcanzar otra meta más en mi vida.

MIS PADRES

María Teresa Caballeros Monzón vda. De Corzo
Gilberto Corzo Obando Q.E.P.D.

Por el amor, apoyo, formación y ejemplos que me han brindado por siempre.

MI ESPOSA

CARLOTA ROSA CUELLAR DE CORZO
Porque gracias a su amor y apoyo, me brindó la oportunidad de lograr el título profesional.

MIS HIJAS

Karla Mishelle, Karla Melissa y Natalie Lucía
Porque juntas con su madre son mi principal motivación.

TODA MI FAMILIA

Con cariño.

MIS MAESTROS

Ing. Enrique Ruiz Carballo, Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta, Ing. José Mauricio Velásquez González, Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez y al Ing. Roberto Valle González.

Por su incondicional apoyo profesional y moral.

Y A QUIENES ME CONSIDERAN UN VERDADERO AMIGO.

AGRADECIMIENTO

Es muy oportuno y grato plasmar este valioso reconocimiento por los aportes, tanto profesionales como éticos, a las personas que en su momento y desde sus lugares de trabajo, me brindaron toda su incondicional ayuda, para que el presente trabajo de E.P.S., válido para alcanzar el título de Ingeniero Electricista, se convirtiera en una realidad y poder también dejar el primer y valioso legado de trabajo de aplicación y mejoramiento al sistema de agua potable de la Facultad de Ingeniería de la USAC, en beneficio de toda la comunidad profesional y estudiantil que ahí se congrega diariamente, brindándoles mejores condiciones vitales y sanitarias.

- Ing. Enrique Ruiz Carballo, Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
- Ing. Mauricio Velásquez González, Asesor.
- Ing. Alfredo Arrivillaga Ochaeta, Coordinador de EPS.
- Sr. Fidencio Portillo, Supervisor de HIDRO, S.A.

ÍNDICE

	Pág.
1. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	iii
LISTADO DE SÍMBOLOS	v
2. GLOSARIO	ix
3. RESUMEN	xxi
4. OBJETIVOS	xxiii
5. INTRODUCCIÓN	xxv
1. EL ESTUDIO	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Introducción	2
1.3 El sistema	3
1.4 El equipo instalado al empezar el presente trabajo de E.P.S.	9
1.4.1 Los pozos y sus equipos	9
1.5 Mediciones	11
1.6 Acometida	12
1.6.1 Banco de transformadores	13
1.7 Diagrama unifilar de los equipos de bombeo	14
2. EL DISEÑO	15
2.1 La Válvula de alivio	15
2.2 El tablero de control-arrancador	16

3.	EL MONTAJE DEL EQUIPO	17
3.1	El trabajo realizado	17
3.2	Mantenimiento general preventivo, pruebas y Re-ajustes al equipo del pozo 1	25
4.	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	27
4.1	Introducción	27
4.2	Concepto de mantenimiento	27
4.3	Objetivos	28
4.4	Ventajas de un programa de mantenimiento preventivo	29
4.5	Formularios que se usan en un programa de mantenimiento preventivo	29
4.6	Servicios de mantenimiento para tableros eléctricos de control	31
4.7	Servicios de mantenimiento para motores eléctricos	34
4.8	Las bombas	44
4.9	Servicios de mantenimiento para bombas turbinas verticales Electrosumergibles	48
	CONCLUSIONES	63
	RECOMENDACIONES	65
	BIBLIOGRAFÍA	67
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
	ANEXOS	71

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Plano No. 1. Red de distribución de agua potable	5
2.	Sección transversal de la cisterna elevada	6
3.	Línea de conducción de pozos a tanque de distribución	7
4.	Planta de línea de conducción de pozos a tanque elevado	8
5.	Banco de transformadores	13
6.	Diagrama unifilar de los equipos de bombeo	14
7.	Diagrama de cableado típico	22
8.	Gráfica de curvas de disparo	24
9.	Toma de lecturas de corriente en tres terminales	42
10.	Tabla para calcular el flujo de agua que indicara el enfriamiento Correcto del motor	51
11.	Camisa para el enfriamiento del motor electrosumergible	52
12.	Medición de la resistencia del devanado	

TABLAS

I.	Resistencias de calentamiento	40
II.	Valores de resistencia en Ohmios y Megaohmios normales entre todos los conductores y tierra	53

LISTADO DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
AMP	Amperios
V	Voltios
VA	Volt-Ampers
K.V.A.	Kilo Volt-Ampers. Potencia aparente de un circuito de corriente alterna.
W	Watt o vatio
KW	Kilowatts, kilovatios, potencia real
HP	Horse-power, caballos de fuerza
cm.	Centímetro
mts.	Metros
HZ	Hertz (Ciclos por segundo)
R.P.M.	Revoluciones por minuto
N	Neutral
NI	Nivel de iluminación
F.T.	Flujo total
C.U.	Coefficiente de utilización
F.M.	Factor de mantenimiento
K	Relación del local
L	Largo
a	Ancho
h	Altura
°C	Grado Centígrado

AWG

American Wire Gauge. Asociación Americana de Calibres de Alambres.

MCM

Mil Circulares. Unidad de área de conductores en sistema inglés.

NEC

National Electrical Code. Código Eléctrico Nacional

THW

Conductor Termoplástico resistente al calor y la humedad.

ΔV :

Indica una variación respecto a un valor fijo.

\propto

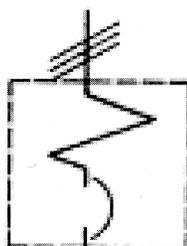
Símbolo de proporcionalidad

Y - Δ

Conexión estrella - delta



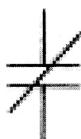
Fusible



Interruptor termomagnético trifilar
(disyuntor o flip-on)



Contactor normalmente abierto



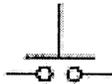
Contactor normalmente cerrado



Protección contra sobrecarga



Interruptor normalmente cerrado



Interruptor normalmente abierto



Motor

L₁ L₂ L₃

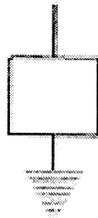
Lineas trifásicas



Bobina que acciona los contactores



Interruptor de apertura o cierre retardado



Pararrayos

GLOSARIO

Accesible	Todo aquello de fácil alcance y no está guarnecido por puertas cerradas y que pueden removerse con facilidad.
Acometida	Es el conjunto de conductores y componentes que conectan los servicios de la empresa suministradora o los sistemas eléctricos de las diferentes propiedades públicas o privadas en un punto de entrega. Estas pueden ser aéreas o subterráneas, según se requiera.
Alimentadores	Se refiere a los conductores que van desde el equipo alimentador hasta el dispositivo de sobrecorriente más cercano.
Ampacidad	Es la capacidad de transporte de un conductor eléctrico, expresado en amperios.
Aprobado	Catalogado como aceptado por las autoridades correspondientes.
Aterrizado en forma efectiva	Conectado a tierra por medio de una conexión de baja impedancia con suficiente

capacidad, de modo que corrientes de corto circuito no provoquen voltajes que puedan dañar al equipo o las personas.

Automático

Que actúa por sí solo, por medio de mecanismos especiales influenciados por cambios de temperatura, presiones, voltajes, corrientes, etc.

AWG -American Wire Gauge-

Medida normalizada de los Estados Unidos (USA) para la sección de los conductores de hasta $107.2 \text{ mm}^2 = \text{AWG } 4/\text{o}$.

c.a.

Corriente alterna.

Canalización

Se refiere a canales, canaletas, ductos o tubos por donde se hacen pasar los conductores con el fin de protegerlos mecánicamente y evitar el contacto de personal no calificado con los mismos.

Los ductos pueden ser:

- a. tubo tipo conduit y sus accesorios;
- b. canaletas de lámina;
- c. canales directamente en el suelo de concreto.

Cinta Scotch No. 23

Cinta eléctrica para empalmes de alta tensión, altamente conformable y autofusible, resistente al efecto corona.

Cinta Scotch No. 33

Cinta eléctrica fuerte y extensible, resistente a la humedad, a la luz del sol, al calor y al frío.

CNR -Capacidad Nominal de Ruptura-

La CNR de un interruptor es el valor efectivo de la corriente más alta que el interruptor, bajo condiciones definidas, puede interrumpir. En interruptores de corriente alterna, la CNR debe ser independiente de la componente de corriente continua.

Conductores

Son los materiales en forma de alambres o barras que conducen la corriente eléctrica bajo determinadas condiciones. Estos pueden ser desnudos o aislados dependiendo del uso que se les de.

Conductor neutro

Es uno de los conductores de un sistema eléctrico que en algunos casos no conduce corriente eléctrica, como en un sistema trifásico de 4 líneas balanceado, sin embargo, en un sistema de 4 líneas desbalanceado, la neutral sí lleva corriente.

Conexión	Es el empalme entre dos o más conductores eléctricos.
Consumidor o usuario	Una persona natural o jurídica que recibe servicio eléctrico de la empresa suministradora por medio de una acometida de servicio, con su contador respectivo.
Contacto	Todas las piezas de un aparato de maniobra previstas para cerrar directamente el circuito eléctrico.
Corto circuito	Unión, prácticamente, sin resistencia eléctrica, entre dos conductores. Es decir, es el punto de unión entre dos conductores en el cual el voltaje nominal cae a cero.
Contador	Es un aparato electromecánico, ya sea autocontenido o con equipo adicional de medición, que se usa para medir la energía eléctrica utilizada por el usuario.
Demanda	Es el máximo valor de potencia registrado por un contador demandómetro durante un período determinado.

Demanda estimada	Es un valor de demanda que se determina de acuerdo al tipo de consumidor y a la carga instalada.
Dispositivo	Es una unidad de un sistema eléctrico que se utiliza para conducir la corriente eléctrica pero que no utiliza su energía.
Electrodos	Son las varillas especialmente diseñadas para insertarlas en el suelo y conectar a ellas un sistema eléctrico aterrizado.
Explosor	Dispositivo eléctrico, constitutivo de los pararrayos, cuya función es reaccionar cuando se sobrepasan valores definidos de tensión, derivar la carga debida a la sobretensión y después del proceso de derivación, extinguir la corriente residual originada por la tensión de servicio.
Expuesto	Que permite fácil acceso y visibilidad.
Factor de demanda	Es la relación entre la demanda máxima de un sistema eléctrico o parte de éste y la carga total conectada al sistema o parte de éste.

Factor de potencia Es la relación entre la potencia eficaz (wastt) y potencia aparente (VA).

Filtro de grava Empaque de grava que se coloca en el espacio anular que queda entre la pared del pozo perforado y la pared exterior del ademe.

f.m.m. -fuerza magnetomotriz- Es la integral de un campo magnético de longitud en un circuito cerrado, es decir, cuando la trayectoria cerrada es atravesada N veces por una corriente, la f.m.m. está dada por:

$$\oint H \cdot dt = NI; \text{ amp.} - \text{ vuelta}$$

Fusibles Son unos dispositivos que por el paso de la corriente en exceso a su capacidad se funden, provocando con ello la ruptura del voltaje de alimentación.

HP -Horse power- Denominación de potencia. 1 HP = 746 watts.

Instalación de contador tipo E Se refiere a contadores que se instalan en el exterior del inmueble.

Instalación de contador tipo I Se refiere a contadores demandómetros o tableros múltiples de contadores que se instalan en el interior del inmueble.

Interruptor Son aquellos dispositivos que se utilizan para efectuar la conexión eléctrica entre dos o más conductores eléctricos.

Interruptor -Switch- Es el aparato diseñado para cerrar o abrir un circuito por medio manual o automático a una corriente eléctrica predeterminada sin dañarse cuando se usa dentro de los límites de su capacidad, la que se mide en amperios a un voltaje determinado.

MCM -Mille Circular Mil- Medida normalizada de los Estados Unidos (USA) para la sección de los conductores a partir de 126.68 mm².

$$1 \text{ MCM} = \frac{\pi}{4} \times (0.0254)^2 \text{ mm}^2$$

Megohmetro Aparato destinado a la medida de alta resistencia.

NEC -Nacional Electric Code- Código Nacional de Electricidad de los Estados Unidos (USA).

**NEMA -National Electrical
Manufactures Association-**

Es la Asociación Nacional de Constructores de Material Eléctrico, entidad de los Estados Unidos (USA).

Nivel dinámico

Este es el nivel a que se encuentra el agua dentro del pozo durante el bombeo.

Nivel estático del agua

Este es el nivel a que el agua permanece dentro del pozo cuando no se está extrayendo agua del acuífero por bombeo.

**NPSH -Net positive suction
head-**

El NPSH disponible es la carga total de succión en pies absolutos tomando como referencia la línea central del impulsor menos la presión de vaporización de líquido en pies absolutos. Es decir, es el análisis de las condiciones de energía en el lado de la succión de la bomba para determinar si el líquido se vaporizará en el punto de menos presión dentro de la bomba.

Persona calificada

Es la persona debidamente instruida y con los conocimientos necesarios en la construcción y operación del equipo eléctrico, incluyendo aquellas áreas calificadas como peligrosas.

Precintos

Son los cierres de seguridad que se colocan en contadores y en puntos donde la empresa suministradora estime conveniente, para evitar que personas no autorizadas tengan acceso a la parte interior de contadores o conductores con corriente no medida.

PVC -Polyvinyl chloride-

Cloruro de polivinilo.

Resina para aislamiento**eléctrico -SCOTCHCAST No. 4-**

Resina epoxi de dos partes, con características adhesivas naturales compatibles con cubiertas y aislamientos de cable sólidos y sintéticos. La resina mezclada genera su propio calor para facilitar la curación.

Servicio

Es la forma en que se ejecuta un trabajo, así:

- a. servicio continuo: es aquel en que la operación de trabajo se ejecuta constantemente por un período más o menos largo;
- b. servicio Intermitente: es aquel en que la operación se ejecuta a intervalos no periódicos;

c. servicio periódico: es aquel en que la operación se ejecuta intermitentemente pero en forma periódica.

Sobrecarga

Es el exceso de la carga normal que puede sobrellevar un equipo o el exceso de capacidad de un conductor que al continuar por un período más o menos largo, puede producir daños peligrosos al equipo o conductores por sobrecalentamiento.

Sobrecorriente

Es la corriente en exceso a la requerida por cualquier equipo eléctrico para su funcionamiento.

Tablero de distribución

Es un gabinete que contiene barras y dispositivos de sobrecorriente, ya sea en forma de fusibles o interruptores automáticos, accesibles por su frente para la maniobra.

Tiras bimetálicas

Tiras, bandas, disco circular, etc., bimetálicas que se emplean en relés contra sobrecargas. Están compuestas por dos partes metálicas con distintos coeficientes de dilatación. Debido al calor producido por las corrientes de sobrecarga, las tiras bimetálicas se doblan.

Voltaje

Es la diferente de potencial entre dos conductores de un circuito eléctrico.

Voltaje a tierra

En los circuitos aterrizados, en el voltaje entre un conductor dado y otro conductor que ha aterrizado o puesto a tierra.

Voltaje nominal

Es el valor asignado a la magnitud del voltaje de un sistema con el fin de clasificarlo. Por ejemplo: 120-140, 240-480 voltios, etc. El voltaje medido podrá variar del valor nominal en un rango que permita la operación satisfactoria del equipo.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación consiste en la rehabilitación del equipo que opera el pozo No. 2, -20 H.P.-, que junto al No. 1, -30 H.P.-, surten de agua a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos. Dicho proyecto fue planteado por el Señor Decano, Ing. Sydney Samuels, ya que dicho pozo no operaba por encontrarse en malas condiciones el arrancador.

Una vez conocido el problema, se solicitó a la Dirección de Ejercicio Profesional Supervisado -E.P.S.-, así como a la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, la aprobación del proyecto y una vez conseguida dicha autorización, se empieza a trabajar en el mismo.

Se empieza haciendo un perfil general eléctrico para, finalmente, realizar la obra de montar el nuevo equipo. Durante la investigación de todo el sistema, tanto hidráulico como eléctrico, se encontró que no existían varios datos muy valiosos como por ejemplo, historial de mantenimiento, potencias y características de los equipos, de los pozos, diagrama unifilar, entre otros, fue que se hizo muy necesario y valioso implementar el Manual de Mantenimiento Preventivo, como la literatura más importante del presente trabajo.

Previo a la cotización, compra y montaje del equipo, fue necesario apoyar a la Secretaría Adjunta, en cuanto a coordinar con el Departamento de Presupuesto de la Universidad, las modificaciones de las partidas presupuestarias -actuales en ese entonces- y poder acceder a la compra de los equipos, ya que, de acuerdo a las especificaciones de las mismas, no eran

aplicables a la compra de estos equipos necesarios de implementar y entonces no hubiese sido posible la realización del presente trabajo.

Ante tan situación se planteó en la Secretaría Académica la necesidad de que, para presupuestos futuros, quedaran implementadas partidas presupuestarias específicas para la compra del material, tanto para mantenimiento preventivo así como para efectuar reparaciones correctivas, ya que estas condiciones no eran previsibles en los presupuestos anteriores.

Para la instalación de los nuevos equipos, se contó con la valiosa colaboración de la empresa Hidro, S.A. con el aporte de parte de recurso humano y equipo, para poder terminar los trabajos, ya que un porcentaje de los costos del mismo se canalizaron como una donación para la Facultad.

Con la realización del presente trabajo se recupera la explotación del agua del segundo pozo al 100% esperado de todo el sistema, además de proteger y prolongar la vida del equipo del pozo No. 1 con la colocación de la válvula de alivio. En la parte de conclusiones y recomendaciones también se especifica claramente los trabajos por continuar y reparaciones por hacer para lograr que la eficiencia del sistema sea del 100%, minimizando al máximo las pérdidas.

OBJETIVOS

GENERALES

1. El principal lo constituye el hecho de continuar desarrollando, en mejores condiciones que las actuales, las actividades docentes, científicas y administrativas de la Facultad de Ingeniería.
2. Iniciar un precedente respecto al mejoramiento de las condiciones físicas y sanitarias de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería, específicamente, el sector de agua potable y darle seguimiento sostenible frecuente en el futuro.

ESPECÍFICOS

1. Optimizar el sistema operativo electromecánico de los pozos que surten el agua potable a la Facultad, garantizando, así, la continuidad y eficiencia del mismo. También, se aprovechó para hacer un estudio y evaluación de todas las instalaciones eléctricas existentes, resultados y análisis que se observan más adelante.
2. Crear una guía de mantenimiento preventivo del sistema electromecánico del sistema de agua potable para la Facultad.

3. Dar un cursillo de adiestramiento al personal encargado del mantenimiento de las instalaciones electromecánicas de la Facultad de Ingeniería.

INTRODUCCIÓN

El espíritu expresado en el presente trabajo de E.P.S. es de lograr que se lleguen a desarrollar en mejores condiciones todas las actividades que se realizan en la Facultad de Ingeniería, tanto docentes, científicas, administrativas y operativas, logrando que las personas que estudian o laboran en la Facultad lo hagan de una forma más confortable y segura como, anteriormente, lo venían realizando.

La modificación de una instalación existente, requiere un especial cuidado para que se llenen los requisitos de cada sistema a efecto de que todo sea un conjunto de armonía que preste un servicio eficiente y que posea la seguridad necesaria para el desarrollo de las actividades que allí se realicen.

Actualmente, es necesario actualizar y confirmar la información de las instalaciones eléctricas y equipos que poseen todos los edificios de la Facultad de Ingeniería, ya que, es de suma importancia contar con los documentos que indiquen cómo está el renglón eléctrico en la Universidad de San Carlos de Guatemala, así como sus edificios.

Es necesario tener conocimiento de las remodelaciones y estado de los equipos para que la Facultad de Ingeniería pueda seguir funcionando al cien por ciento, debido a que cualquier falta de energía o falla de los equipos en los edificios de la Facultad puede provocar un atraso a nivel educativo, porque no se podrían efectuar en forma normal las actividades programadas, tanto estudiantiles, administrativas, como científicas y docentes.

Es por esto que, a lo largo del presente trabajo de graduación, se da a conocer la actual situación de las instalaciones eléctricas, tableros de control, el rediseño de éstos y una guía de mantenimiento preventivo para las instalaciones eléctricas, tableros de control y equipos de bombeo, del sistema de agua potable que surte a la Facultad.

EL PROBLEMA

En la actualidad existe un pobre y mal aprovechamiento del recurso hídrico con el que cuenta la Facultad de Ingeniería, pues, solamente uno de los dos pozos con los que se cuenta está operando, debido a que el arrancador del pozo No. 2 (equipo de 20 hp) está abandonado e inservible.

Esto obliga a la crítica situación de que solamente el pozo No. 1 opere surtiendo el vital líquido a toda la comunidad de la Facultad, poniendo en algo riesgo daños al equipo por la exclusividad de su operación y que, en cualquier momento, pueda sufrir un shock eléctrico y/o mecánico, loo cual de llegar a ocurrir se estaría privando al 100% del agua potable a toda la comunidad y no siendo factible resolver el problema en forma inmediata, se provocaría una severa crisis, por lo que la implementación, aprobación y realización del presente trabajo de E.P.S., es necesario.

IMPORTANCIA DEL TEMA

Por lo mencionado anteriormente, cobra vital importancia la realización del presente trabajo, no solo por optimizar y actualizar este sistema, sino que, estaría logrando prolongar la vida útil de los equipos con la aplicación e implementación del programa de mantenimiento preventivo.

También, se garantiza la continuidad del servicio de agua potable, así como mejores condiciones sanitarias.

ALCANCES Y LIMITACIONES

ALCANCES

Los principales alcances que se lograrán con el presente trabajo de E.P.S. serán los siguientes:

- a. en la Facultad se seguirán desarrollando todas las actividades normalmente, ya que, este servicio no será motivo de obstáculo;
- b. se abre un precedente para el futuro en este servicio, pues, no existía trabajo alguno de esta naturaleza;
- c. se optimizará considerablemente este servicio.

- d. Se adiestrará al personal encargado de mantenimiento, para que en el futuro se aplique el programa de mantenimiento preventivo y correctivo.

LIMITACIONES

Para el desarrollo de este trabajo se afrontaron distintos problemas, pero el mayor limitante para su implementación lo constituyó el renglón económico-financiero que posee la Facultad, ya que, dentro de sus partidas no se proyectan los recursos económicos, para solucionar al futuro los problemas técnicos que se presenten.

Afortunadamente, fue muy valiosa la colaboración que brindaron las autoridades administrativas tanto de parte del Señor Decano, como del Secretario para conseguir el recurso económico y adquirir en el mercado local los equipos nuevos que se instalaron.

1. EL ESTUDIO

1.1 ANTECEDENTES

En la actualidad el sistema electromecánico que opera los pozos profundos que abastecen el agua potable a todos los edificios que conforman la Facultad de Ingeniería se encuentra deteriorado en un 50% por lo que es sumamente necesario implementar una parte con equipo nuevo y rehabilitar el resto del sistema; ya que lamentablemente el mayor condicionante para optimizar al 100% la buena operación de los mismos lo constituye el renglón económico.

Debido a esto es que el Señor Decano solicitó la resolución del problema en prevención a que el abastecimiento del agua potable colapsara en perjuicio de toda la comunidad de la Facultad.

En base a los antecedentes planteados, se procedió a efectuar el estudio y análisis de todos y cada uno de los dispositivos y mecanismos que conforman todo el sistema hidráulico, mecánico y eléctrico para, posteriormente, proceder a realizar los trabajos necesarios.

Entre los antecedentes de mayor relevancia están los siguientes:

1. El tablero de control del pozo No. 2 que gobierna el equipo de 20 HP está prácticamente inservible, por lo que este pozo no está en condiciones de operación.

2. El tablero de control del pozo No. 1 que gobierna el equipo de 30 HP (actualmente es el único que funciona) es necesario practicarle un exhaustivo mantenimiento preventivo ya que varias piezas y dispositivos del mismo, es necesario limpiarlas, ajustarlas y recalibrarlas.
3. Desde el punto de vista hidráulico, debido al constante trabajo de parar y arrancar a intervalos de 5 minutos de operación por 4 minutos de descanso, se produce un golpe de ariete constante, que amenaza a que el motor en cualquier momento se dañe dejando de operar. Para proteger al equipo de este daño, es necesario la implementación de una válvula de alivio, aislándolo de esta falla.
4. Considerando que actualmente el sistema de agua potable externo, es decir de EMPAGUA, no abastece el agua, pone en un total riesgo a toda la comunidad de la Facultad a quedarse sin el vital líquido en cualquier momento.

1.2 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en todo el campo de la construcción eléctrica, existen ciertos estándares muy rigurosos en la selección de materiales, la calidad del trabajo y las precauciones con fines de seguridad. Una gran parte de las instalaciones antiguas están siendo completamente reemplazadas y las nuevas instalaciones tienen que hacerse de acuerdo con los requisitos que impone una inspección muy estricta. Esto no es en modo alguno un obstáculo, sino, por el contrario, una ventaja indudable para el electricista experto que sabe hacer su trabajo en debida forma en acuerdo con esas reglas preestablecidas. Ello hace que se prefieran sus servicios a los del individuo que no conoce los métodos

modernos, o no quiere reconocer el valor y la importancia de las reglas de seguridad en las instalaciones eléctricas.

Gran parte del consumo de agua es obtenido del agua subterránea de nuestro subsuelo. De allí que la perforación de pozos es cada vez mayor, por lo tanto, la necesidad del buen funcionamiento de los equipos de bombeo y su adecuada adaptación al pozo, tiene especial importancia en nuestro medio.

Por las razones que se indicarán en su momento, los motores eléctricos sumergibles son los que presentan mayores ventajas para ser utilizados en los equipos de bombeo de pozos profundos; entendiéndose por pozos profundos aquellos de más de 50 pies de profundidad. No obstante, estos motores presentan variados problemas en su operación; problemas que provienen de las peculiares circunstancias en que trabajan, del inadecuado uso de ellos, de la deficiencia en los equipos de protección y, en algunos casos, del suministro de energía eléctrica fluctuante.

Por lo tanto, determinar y, sobre todo, prever estos problemas, así como aplicar el oportuno remedio, es algo muy necesario para el funcionamiento y duración del grupo motor-bomba. El presente trabajo analiza y da soluciones a estos problemas, además, proporciona la información que se requiere para una buena instalación de un motor eléctrico sumergible en un pozo.

1.3 EL SISTEMA

Las gráficas que se muestran a continuación, 1, 2, 3 y 4, indican la forma en que está conformado y opera todo el sistema de agua potable de la Facultad. Sin embargo, fue necesario hacer un levantamiento e investigación de

tuberías, motores, equipos de control y de fuerza que conforman el mismo, y poder comprobar que efectivamente lo mostrado en los planos coincidían con la realidad.

Los resultados fueron positivos, ya que todo cuanto aparece en los mismos son datos verídicos y reales.

FIGURA 1. Plano No. 1, Red de distribución de agua potable

ACTUALIZADO FACULTAD DE INGENIERÍA SIN ESCALA

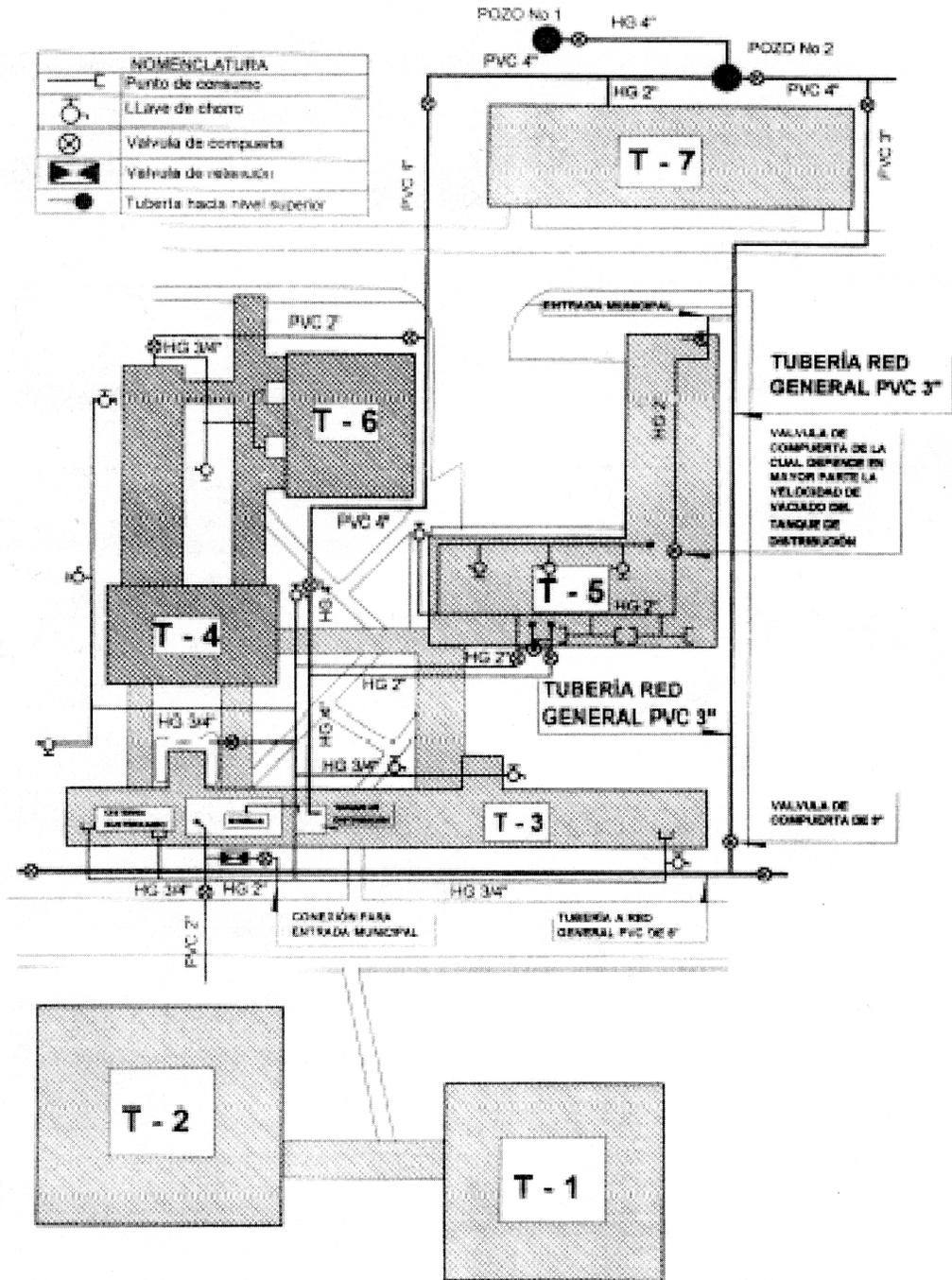


FIGURA 2. Sección transversal de la cisterna elevada

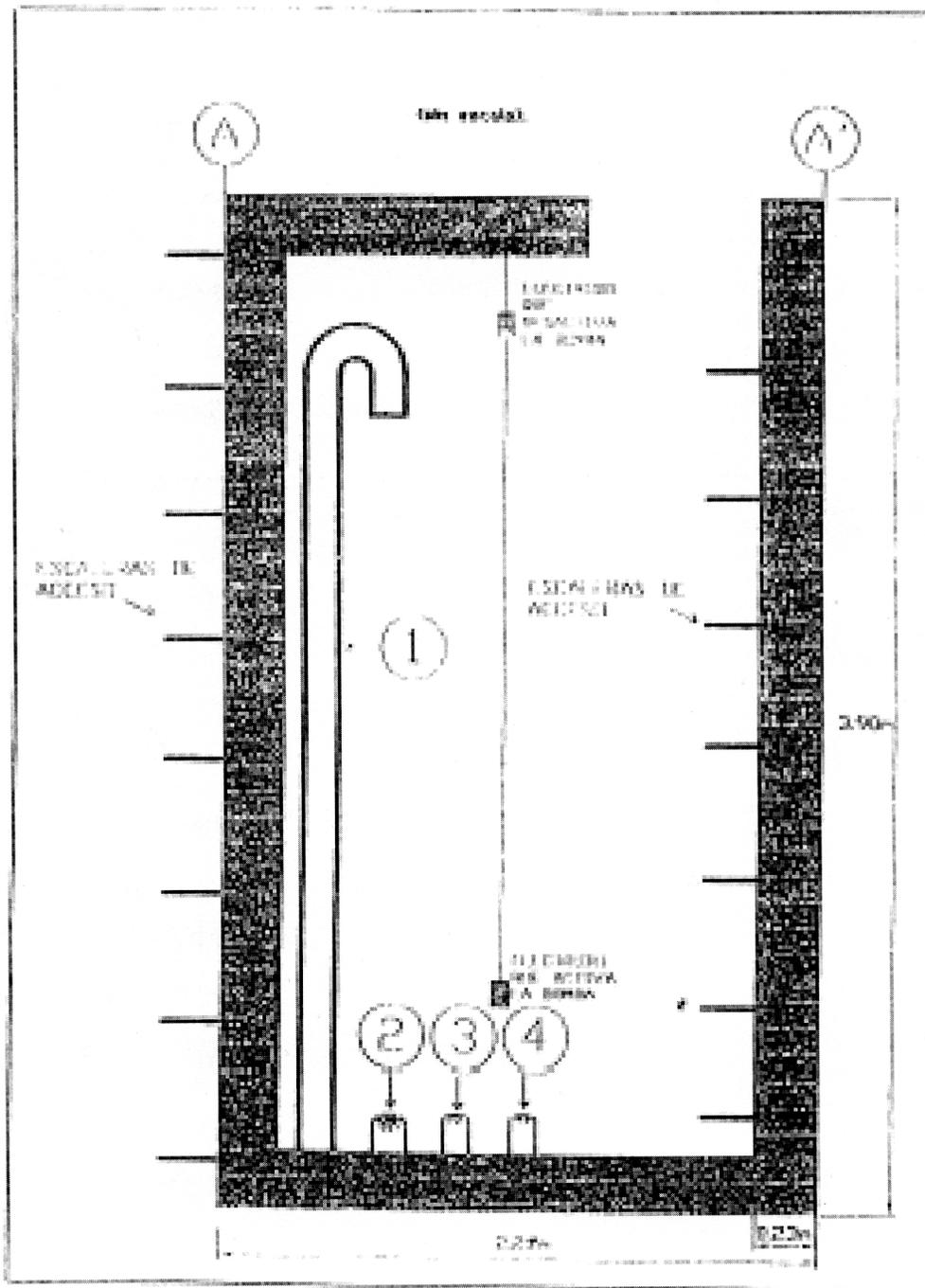


FIGURA 3. Línea de conducción de pozos a tanque de distribución

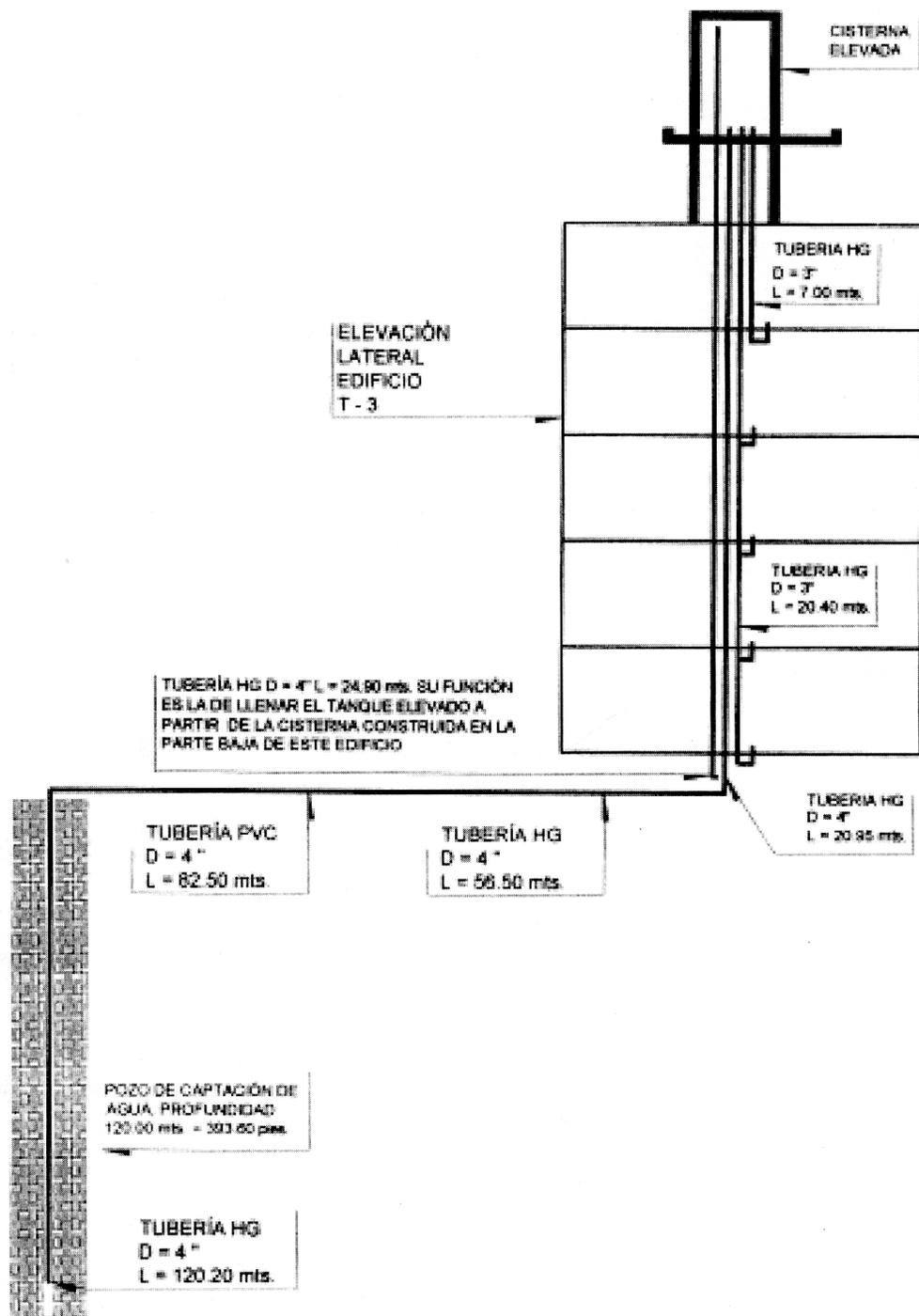
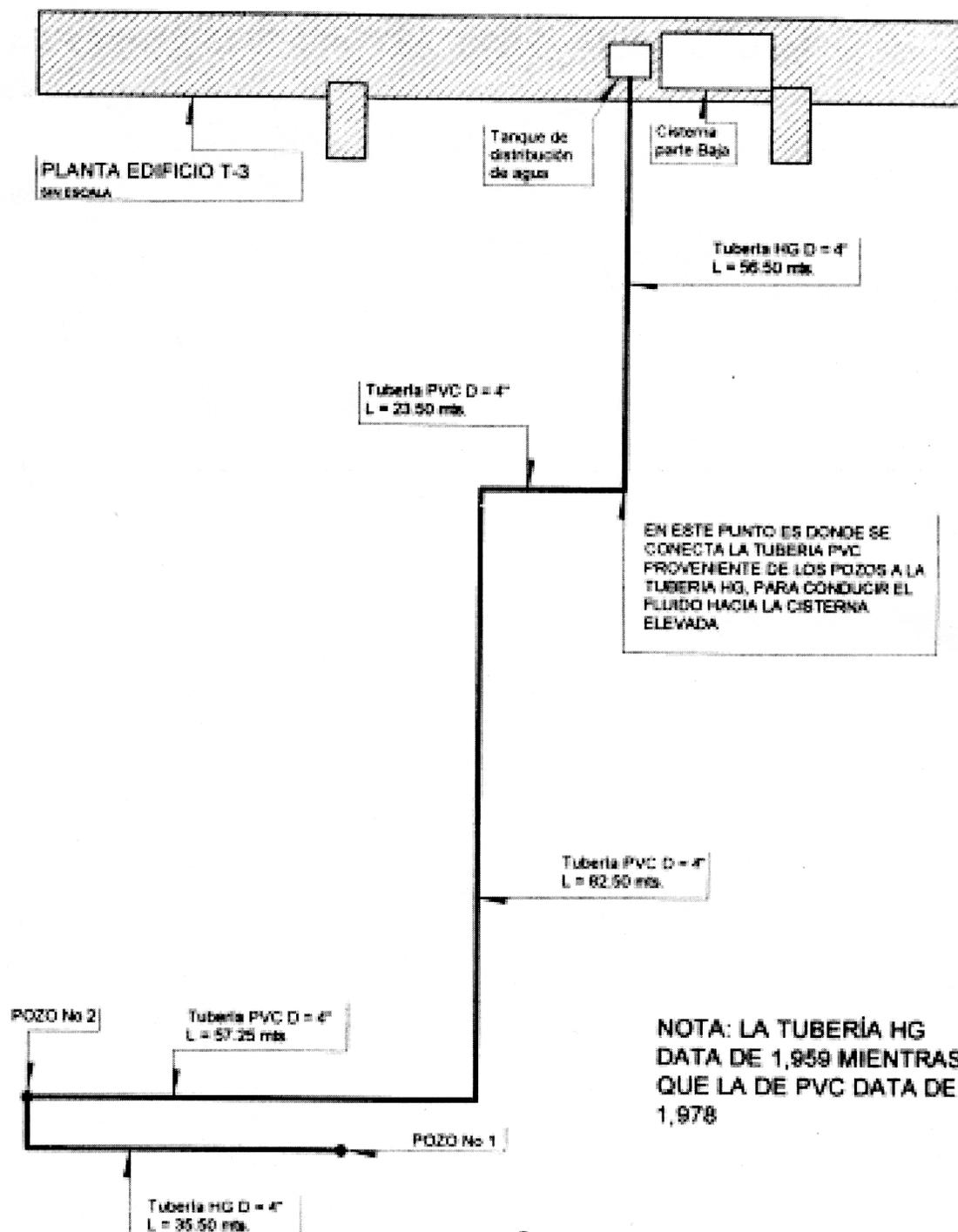


FIGURA 4. Planta de línea de conducción de pozos a tanque elevado



1.4 EL EQUIPO INSTALADO AL EMPEZAR EL PRESENTE TRABAJO DE E.P.S.

1.4.1 Los pozos y sus equipos

El sistema de abastecimiento de agua con pozos mecánicos, está compuesto por dos pozos perforados en el año 1973, con una profundidad de ciento veinte (120) metros cada uno. Hay un pozo que tiene una bomba sumergible de veinte (20) caballos de fuerza y otro el otro con una bomba sumergible de treinta (30) caballos de fuerza. El que está funcionando es el pozo número 1, que tiene la bomba sumergible de treinta (30) caballos de fuerza, envía el agua a través de tubería de cuatro pulgadas de diámetro, a los diferentes servicios del complejo de la Facultad y así mismo a la cisterna de concreto ubicado en el quinto nivel del edificio T-3, luego por acción de la gravedad regresa por otra tubería de conducción paralela que surte a los servicios sanitarios.

TABLERO DE CONTROL DEL POZO 1

MARCA: General Electric

PROTECCIÓN: Flip-on trifásico de 200 amperios marca Cutler Hamer.

CONTACTOR: Marca General Electric Nema 2 con bobina de operación 230/240 V # 55-5013366003 / Serie A 50/60 Hz.

PROTECCIÓN

TÉRMICA: Marca Siemens con fusibles tipo cartucho de 2 amperios.

También tiene un subtrol incorporado pre-programado el cual opera en buenas condiciones para proteger el motor sumergible de 30 H.P. a 230 Volts. contra fallas de desbalance de corrientes, desbalance de voltajes y fase a tierra.

CABLE: 1/0 que alimenta al equipo sumergible de 30 H.P. y 230 voltios 3 Ø a una profundidad de 393.60 pies (120 mts).

En la figura No. 3 **“Línea de conducción de pozos a tanque de distribución”** y figura No. 4 **“Planta de línea de conducción de pozos a tanque elevado”**, se detalla este sistema de abastecimiento propio.

Del pozo No. 2 sólo se sabe que tiene instalado un motor sumergible de 20 HP, el cual no se usa por estar en malas condiciones, el arrancador.

1.5 MEDICIONES

Al pozo No. 1 se le efectuaron las siguientes mediciones de V y A en un lapso de 1 hora.

	L1	L2	L3
V	231	231	232
A	69	76	72
V	230	232	231
A	72.8	79.1	76.4
V	231	230	232
A	73	78.7	74.6
V	232	230	230
A	74.1	77.2	73.8
V	230	230	230
A	72.7	78.1	74.4
V	231	230	231
A	72.9	79.9	74.6
V	231	229	230
A	73	78	74.2
V	230	230	231
A	73.2	76.4	73.1
V	231	231	230
A	70.7	77.6	73.6

Del pozo No. 2, como el arrancador no funciona, por una única vez se operó directamente del flip-on, dando los siguientes datos

	L1	L2	L3
V	230	231	230
A	51.7	49.4	79.8

1.6 ACOMETIDA

Descripción de la acometida hacia los paneles de control que gobiernan los equipos de los pozos:

TIPO: Aérea.

VOLTAJE DISPONIBLE: 120/240 Volts. 3 Ø Δ 4 líneas.

TABLERO DEL MEDIDOR: Tipo I

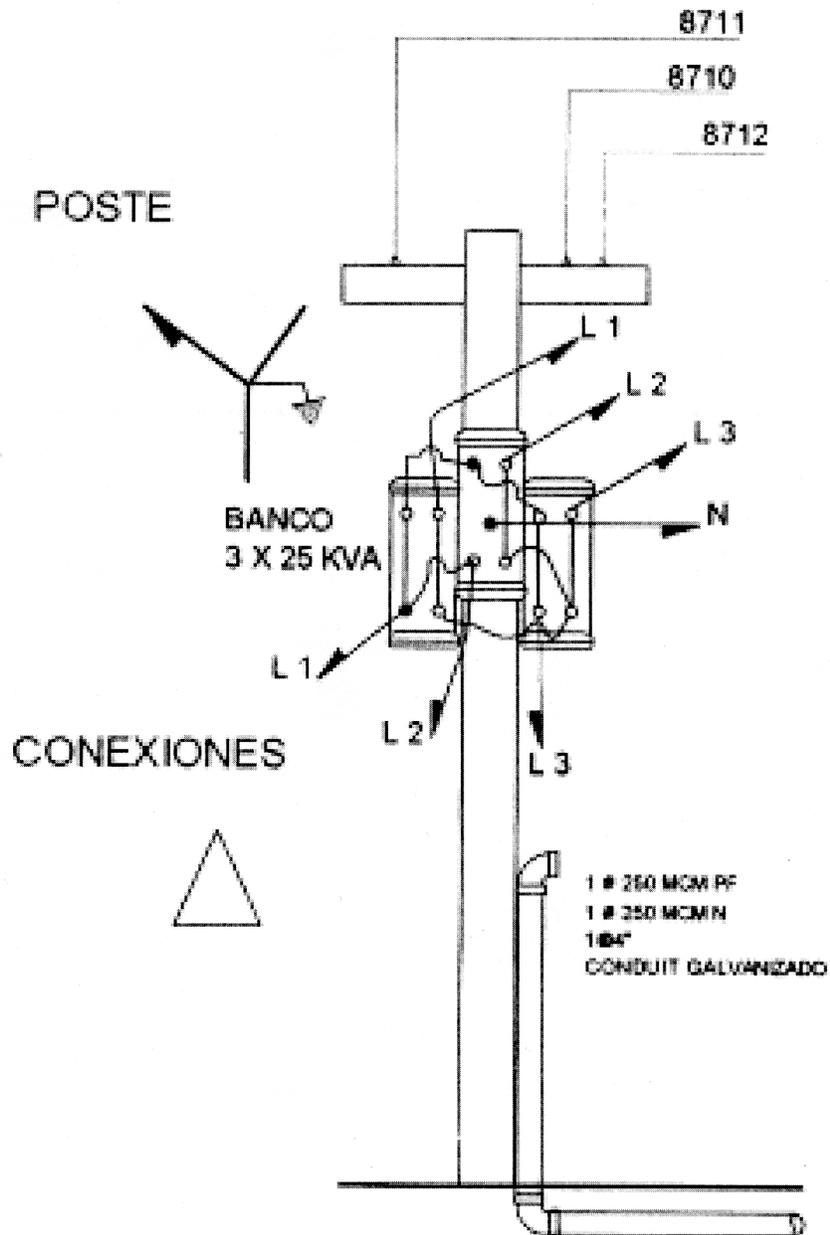
La bóveda de los transformadores es de 75 K.V.A.

TIPO DE PROTECCIÓN: Caja de cuchillas

ALIMENTACIÓN DEL EDIFICIO: 240 voltios.

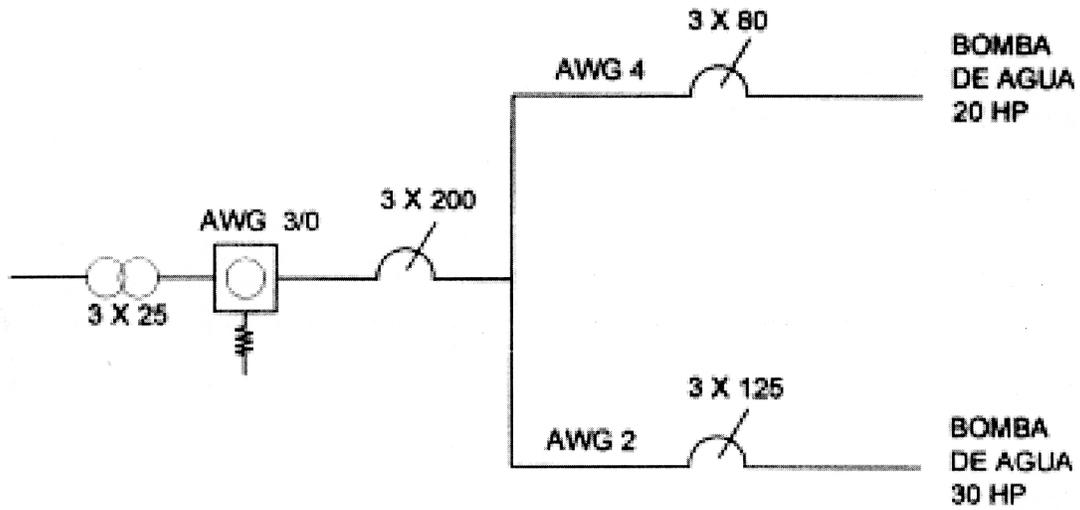
1.6.1 Banco de Transformadores

FIGURA 5. Banco de Transformadores



1.7 DIAGRAMA UNIFILAR DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO

FIGURA 6. Diagrama unifilar de los equipos de bombeo



2. EL DISEÑO

En base a todo el estudio anteriormente señalado y considerando las grandes limitaciones que presenta el renglón financiero/económico de la Facultad, se consideró que los siguientes trabajos a implementar eran los más importantes.

1. Del análisis mecánico-hidráulico es de suma urgencia y vital importancia la colocación de una válvula de alivio de presión con la cual se estaría prolongando la vida útil y operación del equipo en un 70%, garantizando la continuidad del servicio de agua potable.
2. En base al análisis eléctrico, colocar un tablero de control nuevo al equipo del pozo No. 2 con lo cual se estaría logrando la funcionalidad y eficiencia del sistema de agua potable al 100% para la Facultad.

Es así como me di a la tarea de buscar dichos equipos en la industria local guiado por las características de fabricación, producción, operación y magnitud, de cada uno de ellos y las cuales se especifican a continuación.

2.1 LA VÁLVULA DE ALIVIO

De acuerdo a todos los datos y especificaciones evaluadas, de operación y funcionalidad del sistema, la válvula de alivio a instalar deberá de cumplir con las siguientes características:

- Válvula de alivio de presión

TIPO: Diafragma

CARACTERÍSTICA DE INSTALACIÓN: Conexión roscada.

DIÁMETRO: 4 pulgadas

RANGO DE PRESIÓN: 125 P.S.I.

MATERIAL: Hierro fundido

2.2 EL TABLERO DE CONTROL – ARRANCADOR

Las características del nuevo tablero de control a instalar, de acuerdo al análisis y previo estudio efectuado, deberá de cumplir con todas y cada una de las especificaciones siguientes:

- Gabinete de metal
- Protección principal (Flip-on) 3 x 100 amperios
- Fusibles semiconductores de disparo rápido URD 60 – 180
- Arrancador electrónico de 60 Amps. Y 480 Volts.
- Tres fases (3 Ø) totalmente programable.
- Guarda nivel para pozo.
- Guarda nivel para tanque elevado.
- Pararrayos trifásico 600 V.
- Ventilador de 5 x 5.
- Barra de tierra.
- Selector de arranque manual-automático.

3. MONTAJE DEL NUEVO EQUIPO

3.1 EL TRABAJO REALIZADO

En base a las evaluaciones previas realizadas, tanto a los equipos como a las instalaciones, así como a las características y especificaciones del mencionado diseño, se procedió a cotizar, en el mercado local, los equipos a reemplazar, con el objeto de que fueran los adecuados, de la mejor calidad y al mejor precio, ya que la facilidad económica en el presupuesto de la Facultad de Ingeniería, es demasiado escasa.

De hecho, no se contaba con el dinero para la compra del equipo, fue necesario ejecutar un traslado de fondos de otra partida presupuestaria para poder llevar a la realidad el trabajo efectuado, el cual consistió en lo siguiente:

1. Instalación de la válvula de alivio.
2. Instalación del tablero de control (arrancador) del pozo 2.
3. Mantenimiento preventivo total al equipo del pozo 1.

INSTALACIÓN DE LA VÁLVULA DE ALIVIO

Debido a las características específicas de la misma, que la hacen una pieza especial no se logró obtenerla en el mercado nacional, por lo que fue necesario encargarle la comisión a una empresa privada de importarla especialmente de los Estados Unidos.

Tras varios meses de espera, finalmente dicha válvula fue entregada. Por lo que se procedió a instalarla, aplicándole previamente una serie de pruebas recomendadas por el fabricante, operando finalmente en perfectas condiciones, logrando así el primer objetivo práctico del presente trabajo de Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) autorizado.

INSTALACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL (ARRANCADOR) DEL POZO 2

Paralelamente con la búsqueda de la válvula de alivio, también se procedió a cotizar en el mercado nacional, en las diversas empresas que ofrecían un tablero de control, ofertaron el que cumpliera con todas las características y especificaciones que se definen en el diseño. Lamentablemente, por el bajo recurso económico de la Facultad, los costos de este dispositivo estaban por encima de lo disponible, por lo que fue necesario solicitar ante la gerencia de la empresa que lo ofrecía al mejor precio, un descuento especial adicional, tipificado como donativo para la Facultad, lo que finalmente se autorizó logrando obtener el tablero con todas las características tecno-eléctricas deseadas, obteniendo también el beneficio de lo último en tecnología de estado sólido de control.

Una vez obtenido el arrancador se procedió a instalarlo y de acuerdo a las características específicas de operación del pozo, se efectuaron previamente todas las pruebas recomendadas por el fabricante en cuanto a calibración y ajustes, para garantizar así la buena y confiable funcionalidad del mismo.

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL NUEVO TABLERO

Los parámetros programables

El VUB es entonces = $5.3 / 208.3 \times 100 = 2.5\%$.

MULT - Mult (el multiplicador) se encuentra de base 1. El MULT determinado por la corriente que la unidad estará supervisada. Esto permite a la unidad desplegar la corriente correcta. Cambiando este valor también cambiarán los parámetros UC, OC y GF.

Los parámetros programables son los valores que el usuario DEBE programar para proporcionar la protección correcta y adecuada para todas las fallas de los equipos que se puedan presentar en su operación, éstos se programan en porcentajes.

LV/HV - Los valores recomendados para el voltaje bajo y el voltaje alto según el NEMA MG 1 por norma está + / - 10% de el voltaje de placa del motor. Para otros parámetros del motor el fabricante debe avisar, ejemplo: el valor del motor el voltaje de placa es 230 voltios. Si nosotros tomamos 90% de 230 que nosotros conseguimos $0.9 \times 230 = 207$ voltios para el LV que pone y $230 \times 1.1 = 253$ los voltios para el valor de alto voltaje.

VUB - VUB (el desequilibrio de voltaje) es el juego de la fábrica al 6%. El NEMA MG 1 La norma dice que un motor no operaría sobre un 15 de desequilibrio de voltaje sin DAÑAR el motor. El fabricante del motor debe ser consultado para los valores de VUB exacto. Un valor de

999 para VUB desactivará la protección de VUB y SP (sólo protección de la fase). El VUB es calculado como sigue: % VUB = [la desviación máxima del promedio) / el promedio] x 100%. La desviación máxima del promedio es la diferencia más grande entre el medio voltaje (208.3) y cualquier otro voltaje leído. Leyendo, 212-208.3 = 3.7, 210 – 208.3 = 1.7 y 208.3 – 203 = 5.3.

Por consiguiente la desviación máxima del promedio es 5.3 el VUB es entonces = $5.3 / 208.3 \times 100 = 2.5\%$.

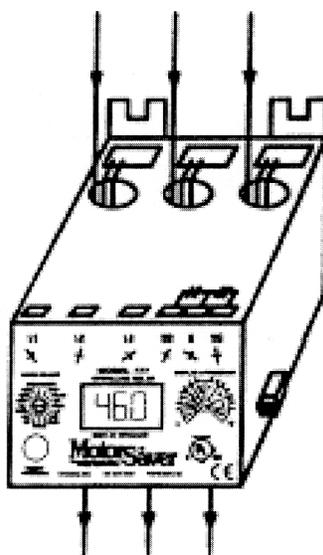
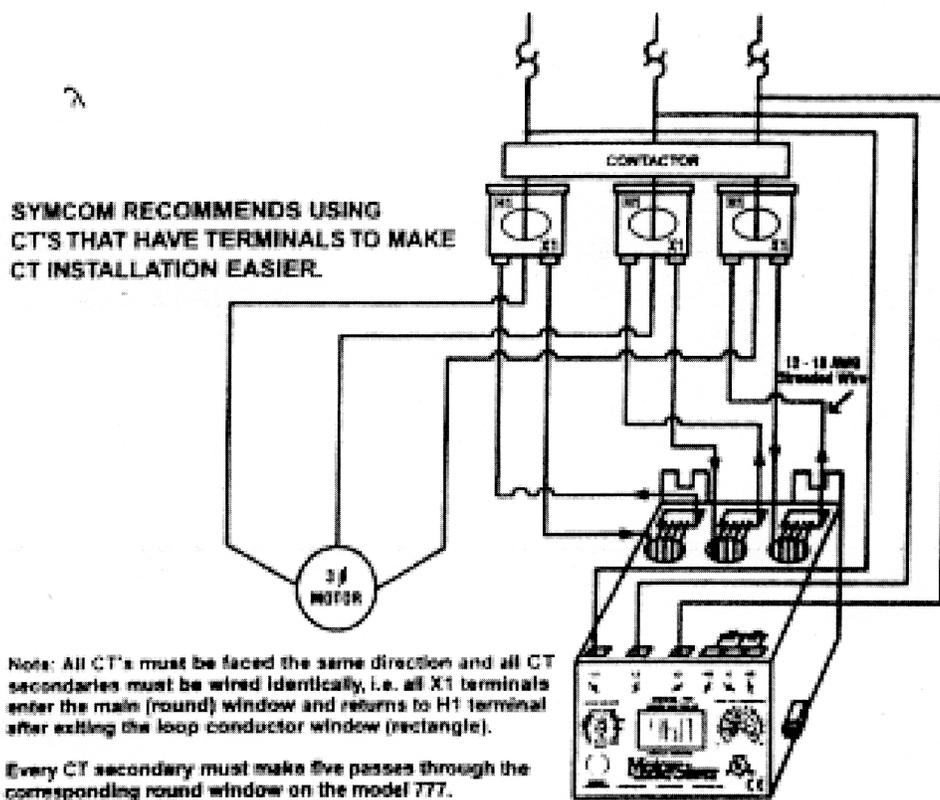
- MULT - Mult. (el multiplicador) se encuentra de base 1. El MULT determinado por la corriente que la unidad estará supervisando. Esto permite a la unidad desplegar la corriente correcta. Cambiando este valor, también cambiarán los parámetros UC, OC y GF.

- OC - OC (la sobrecorriente) es normalmente fijo al amperaje de factor de servicio (típicamente 100 – 115% de plena carga del motor) que es determinado por el fabricante de éste. Si en cualquier línea la corriente excede el parámetro de OC, el cronómetro empezará a preparar el tiempo de disparo.

- UC - UC (baja corriente) es típicamente fijo al 80% de plena carga del motor. Esto es normalmente adecuado para protección de pérdida de carga para muchas bombas y motores, incluso los sumergibles. Si el motor no bombea agua entonces de acuerdo al amperaje de plena carga el UC deberá de ser graduado aproximadamente al 80% del de plena carga para una protección adecuada. El UC puede ponerse a 0 si la protección de UC no se desea.

- CUB - CUB (desbalance de la corriente) es el valor dado por el fabricante a 7%. El symCom recomienda al fabricante del motor notifique los valores exactos. Este es calculado de la misma manera que el VUB anteriormente determinado. Los datos de placa servirán para calibrar el sensor pre-programado a un 995 de estos valores. Esto activará las protecciones de desbalance temporal y la falla de pérdida de fase conjuntamente.
- TC - TC (disparo por sobre carga) el sensor aísla el motor cuando la unidad detecta un aumento de carga, para los motores normales el TC está típicamente fijo en un 20% el fabricante del motor deberá proporcionar en los datos de placa cuales son estos valores.
- #RF - #RF (#de reinicia después de una falla) el sensor se reinicia permitiendo después de un desequilibrio parcial escalonando o una condición de carga excesiva un re-inicio que incluye un prefijo de OC del valor de la corriente para que en lo sucesivo reinicie. Si OC no es un prefijo de los valores programados; la unidad requerirá un re-inicio manual. Caracterizada por unos ceros medios, la unidad no intentará reiniciar después de un desbalance de corriente o sobre corriente.
- GF - GF (Falla a tierra) es la corriente aceptable máxima a que puede fluir conectada con tierra antes que el sensor ordene su parada. Éste es un residuo, clasificado II sistema de falla a tierra y no debe usarse para la seguridad personal. Un valor típico para esto es 10% - 20% de la carga plena del motor.

FIGURA 7. Diagrama de cableado típico



PROGRAMACIÓN

1. Gire el botón del interruptor del selector al parámetro a ser programado. Symcom recomienda que LV se programe primero y entonces gire en el sentido de las agujas del reloj las clavijas a las posiciones que corresponden a cada parámetro deseado y completar así el proceso de cada uno.
2. Haciendo presión sostenga el botón y colóquelo en la posición de RESTABLECER / PROGRAMA.
3. Gire el DESPLAGAR / PROGRAMA hasta que se lea en pantalla los datos y parámetros que está programándose.
4. Los datos de RESTABLECER / PROGRAMA. Esto guarda el nuevo parámetro en la memoria del sensor. Si el número cambia con el que se tenía antes de programar, se deberá graduar al valor que debe ser calculado de acuerdo a los valores de placa a los proporcionados por el fabricante.
5. Repetir los pasos 1-4 hasta lograr programar los valores de los parámetros y protecciones que se desean calibrar.
6. La programación está ahora completa.

VALORES PROGRAMADOS PARA EL MOTOR DEL POZO # 2

Datos de placa

Potencia = 20 HP

Vn = 230

In = 53.8 Amps

Protecciones programadas:

Voltaje alto = 253

Voltaje bajo = 207

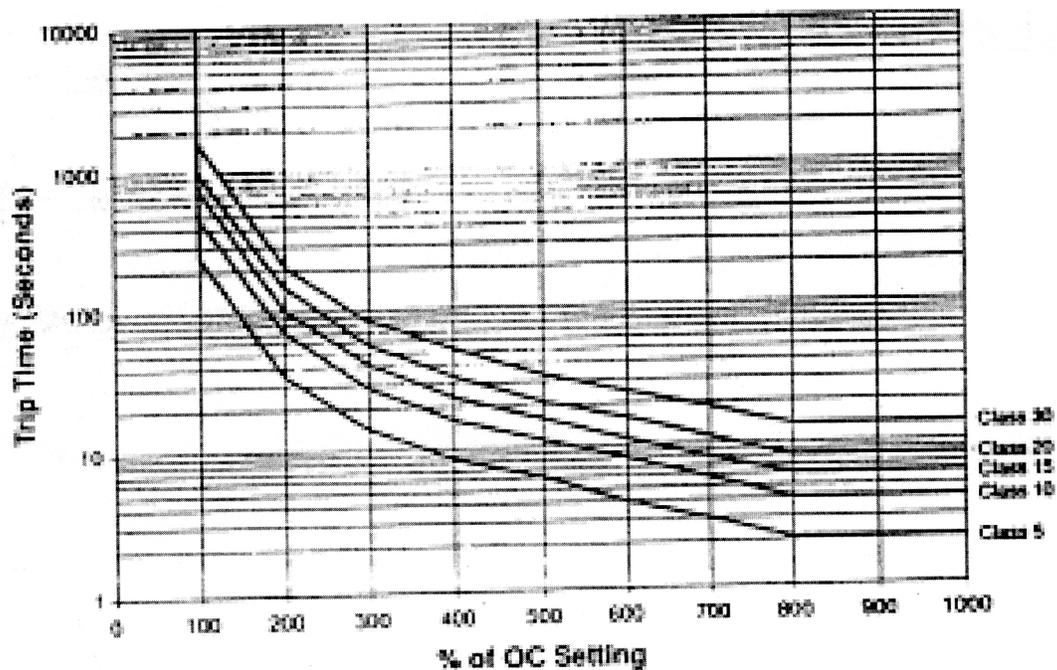
Corriente alta = 69

Corriente baja = 46

Desbalance de corriente = 10%

CURVA DE DISPARO: CLASE 5

FIGURA 8. Gráfica de curvas de disparo



3.2 MANTENIMIENTO GENERAL PREVENTIVO, PRUEBAS Y RE-AJUSTES AL EQUIPO DEL POZO 1

Como se ha descrito anteriormente el equipo del pozo 1 era el único que operaba por lo que el trabajo solamente se limitó a practicarle un mantenimiento general preventivo, las pruebas básicas (V, I, R) y re-ajustes generales ya que previamente había sido protegido hidráulica y mecánicamente con la instalación de la válvula de alivio, aislando el fuerte golpe de ariete al momento de cada paro. Con este trabajo se logró proteger en un 85% las probabilidades de una falla mecánica al motor, y que en cualquier momento pudo provocarle un corto circuito a los devanados del estator, al no brindarle un mejor soporte a los cojinetes.

MANTENIMIENTO AL TABLERO DE CONTROL DEL MOTOR

Para efectuar este trabajo fue necesario coordinar con las autoridades de la Facultad y del Departamento de Mantenimiento para efectuar varias suspensiones del servicio ya que para la realización del mismo en una sola práctica era necesario parear el bombeo por un gran lapso de tiempo, y poder efectuar el trabajo adecuado y que consistió en lo siguiente:

1. Limpieza general del tablero de suciedad y polvo.
2. Limpieza del flip-on, análisis y observación de las buenas condiciones de los cables, su aislamiento 12 megomios de resistencia; que el calibre fuera el adecuado (2/0) y retorqueado de todos los tornillos, instalándolo de nuevo.

3. Desmembración del contactor, limpieza de los apagallamas, descarbonización de los contactos, limpieza de la bobina y sus contactos, remoción del óxido del núcleo de la misma, evaluación de los resortes y sujeción de tornillos.
4. Limpieza de fusibles, evaluación y re-calibración de los térmicos y reajuste del nivel de disparo.
5. Limpieza del subtrol.

PRUEBAS AL EQUIPO BOMBA-MOTOR (30 H.P.)

Por tratarse de un equipo sumergible, y no poder parar la única fuente de abastecimiento de agua al sistema, el trabajo se limitó a efectuar las mediciones básicas del motor para evaluar sus actuales condiciones de voltaje, corriente y resistencia de aislamiento, obteniendo los siguientes resultados:

	L1	L2	L3
Voltaje Nominal	232	230	231
Voltaje a plena carga	231	230	230
Corriente de vacío	69	66	68
Corriente de plena carga	82	78	80
Resistencia de aislamiento	18 M Ω	19 M Ω	15 M Ω

4. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

INTRODUCCIÓN

El servicio de mantenimiento en las industrias, casi siempre se descuida y frecuente se confunde la ejecución de mantenimiento preventivo con el mantenimiento correctivo.

El mantenimiento de los equipos, así como de sus estructuras físicas y áreas son descuidadas por los responsables, que no consideran la fuga de dinero originada por las paradas imprevistas del equipo y/o máquina, las que producen una enorme pérdida en producción.

El mantenimiento en cada empresa es diferente, debido a las características fundamentales de tipo, modelo y edad de la maquinaria, así como la calificación de la mano de obra, rotación del personal, política de la empresa, ritmo de producción, etc.

CONCEPTO DE MANTENIMIENTO

En la práctica se observan dos tipos de mantenimiento, a saber:

1. Mantenimiento preventivo.
2. Mantenimiento correctivo.

PREVENTIVO

Consiste en la programación de una serie de inspecciones, ajustes, reparaciones y análisis que deben llevarse a cabo en forma periódica en los equipos e instalaciones. Su propósito es prever las fallas y mantener los sistemas de operaciones a los niveles y eficiencia óptimas, tratando de obtener el máximo de rendimiento de la vida útil de las piezas de una máquina.

CORRECTIVO

En nuestro medio es el que más se usa y consiste en hacer la reparación cuando se produce una falla en un equipo y/o máquina y cambio de alguna pieza desgastada cuando ésta ha sufrido un daño.

OBJETIVOS

Las presentes normas para la implementación de operación y mantenimiento preventivo del equipo electromecánico e instalaciones de sistemas de agua potable y saneamiento, contenidas en el presente trabajo de graduación, tienen como objetivo que el Departamento de Operación y Mantenimiento de la Facultad de Ingeniería logre:

1. Aplicar y ejecutar correcta y/o adecuadamente un programa de mantenimiento preventivo.
2. Minimizar el gasto en equipos innecesario, debido a la falta de ejecución de ese programa.

VENTAJAS DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1. Los equipos e instalaciones trabajarán más eficientemente y funcionarán en forma regular para las aplicaciones y necesidades con que fueron diseñados.
2. La vida útil de los equipos e instalaciones se puede prolongar y el proceso de deterioro puede ser controlado y minimizado.
3. El técnico está en mejor disposición para determinar las causas de las fallas y poder visualizar los puntos débiles.
4. Se podrá determinar por adelantado cuando un equipo necesita ser sustituido por su rendimiento bajo e ineficiente.

FORMULARIOS QUE SE USAN EN UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1. Calendario de mantenimiento.
2. Servicio de mantenimiento.
3. Informe mensual de equipo de bombeo.
4. Orden de trabajo para equipo de bombeo.
5. Costos de producción – asistencia técnica.

NORMAS PARA TABLEROS ELÉCTRICOS DE CONTROL

NIVEL: TÉCNICO ELECTRICISTA

Período de mantenimiento	Trabajo a realizar
2,000 horas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revistar el ajuste del Relé Térmico. ▪ Calibrar los instrumentos de medida. ▪ Inspección del aislamiento del cableado. ▪ Limpiar los contactos del arrancador. ▪ Limpiar los contactos del núcleo de la bobina. ▪ Limpiar los contactos de la bobina. ▪ Ajustar el Relé de Tiempo (TIMER) ▪ Apretar todos los tornillos. ▪ Inspeccionar los fusibles del control (capacidad)
2,000 horas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inspeccionar los fusibles de servicios ▪ Limpieza general del tablero ▪ Verificar mediante el botón de prueba el buen funcionamiento y señalización del control de estado sólido (subtrol) en caso de poseerlo. ▪ Revisar contactos del guardanivel.
2,000 horas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar la señalización del tablero. ▪ Revisar el estado de los apagallamas del contactor (es)
4,000 horas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Calibrar (prueba de disparo) las protecciones que tiene el tablero.

SERVICIOS DE MANTENIMIENTO PARA TABLEROS ELÉCTRICOS DE CONTROL

PRECAUCIÓN

Para efectuar cualquier servicio de mantenimiento en el tablero de control, se debe desconectar el suministro de energía desde el interruptor principal, para evitar accidentes provocados por un choque eléctrico.

PERÍODO DE MANTENIMIENTO : 2,000 horas

Revisar el ajuste del Relé Térmico

La finalidad de la revisión del ajuste de la protección contra sobre cargas, es verificar que dicha protección actúe para proteger al motor contra corrientes excesivas.

Hay que comprobar que la protección térmica contra sobre carga esté debidamente ajustada a la corriente nominal del motor, para el caso de arrancadores directos.

Para aquellos motores cuya capacidad esté sobrada en relación a la potencia nominal; con el objeto de alcanzar una mayor protección, se recomienda (con criterio) graduar dicho Relé a un valor lo más cercano posible al amperaje de operación.

Si se produce un disparo injustificado del Relé contra sobrecarga, mientras la carga es normal, hay que comprobar lo siguiente:

- a) Verificar el ajuste (o la capacidad de los elementos térmicos) del Relé.
- b) Comprobar que el Relé no esté caliente, condición ésta provocada por un arranque anterior.
- c) Observar si se presentan vibraciones en el Relé procedentes las mismas de la superficie donde se encuentra montado dicho elemento.
- d) Midiendo el amperaje absorbido por el menor, comprobar que la causa del disparo no se debe a una sobre intensidad.
- e) En el caso de un arrancador Y- Δ , recordar que el Relé es sensible a la corriente de fase, por lo que este elemento debe estar ajustado a dichas corriente. Esto se consigue dividiendo la I nominal entre $\sqrt{3}$.

Calibrar los instrumentos de medida

Mediante el tornillo que se localiza al frente del instrumento de medida, verificar que la aguja marque el cero exacto en su condición de reposo. Con este sencillo método de calibración se garantiza una lectura confiable en las restantes lecturas que conforman su escala, para cerciorarse de la confiabilidad de la calibración, se recomienda compararlo con la lectura suministrada por otro aparato de tipo portátil. Por ejemplo, un Volt-amperímetro de gancho.

Limpieza de contactos

La apariencia rugosa de los contactos, no indica necesariamente que éstos deban ser reemplazados. Esa apariencia que muestran los contactos se deben al arqueo normal que se realiza entre ellos durante el arranque y desconexión del motor. Sin embargo, esa superficie deforme favorece la unión de los contactos y bajo ningún concepto, éstos deben ser limados o lijados, sino que por el contrario, simplemente con la ayuda de productos químicos adecuados, en aerosol cuya constante dieléctrica sea superior a 25,000 Ω (Ohmios) y la ayuda de una tela o franela, proceder a la remoción de los residuos de carbón depositados en ellos. PERÍODO DE MANTENIMIENTO: 4,000 HORAS.

Prueba de disparo térmico

Seleccionar el punto de menor ajuste del Relé (en algunos casos corresponde a un cero o a una rayita roja) y con el motor en marcha, verificar el tiempo de disparo. Si éste se presenta, también los restantes ajustes que conforman la escala se encontrarán en la posición correcta.

NORMAS PARA MOTORES ELÉCTRICOS

NIVEL: Técnico electricista

Período de mantenimiento	Trabajo a realizar
2,000 horas	<ul style="list-style-type: none">▪ Medir la resistencia del aislamiento del motor.▪ Verificar el voltaje y el amperaje.▪ * Revisar el calentamiento de los cojinetes.▪ Comprobar la alineación bomba-motor.
10,000 horas	<ul style="list-style-type: none">▪ Repasar totalmente el motor.▪ Balancear la corriente del motor trifásico.

*NOTA: En caso que el lubricante de los cojinetes sea aceite, ampliar este servicio a cada 4,000 horas.

SERVICIOS DE MANTENIMIENTO PARA MOTORES ELÉCTRICOS

PERÍODO DE MANTENIMIENTO: 2000 horas.

Medición de la resistencia de aislamiento

La causa más frecuente de las averías de un motor, se debe a la perforación del aislamiento en los devanados del mismo.

Las mencionadas averías pueden ocasionarse por la absorción de humedad, aceite y polvo en sus arrollamientos. También el calentamiento excesivo, vibraciones, sobre tensiones y envejecimiento del barniz, son causa directa de la fundición del motor.

Debe entenderse que el aislante no se conserva indefinidamente durante la vida de dicha máquina eléctrica. Se deteriora poco a poco por sobre calentamiento provocado por sobre carga.

Estadísticas realizadas indican que la vida de los aislantes se reduce aproximadamente a la mitad por cada 10 °C de elevación de la temperatura de funcionamiento. Por ejemplo, si una máquina se ha diseñado para una temperatura de funcionamiento continuo a 70 °C, se hace trabajar a 80 °C, su vida se reducirá a la mitad.

Para medir la resistencia eléctrica de un motor, se debe utilizar un "Mégger", cuya forma de utilizar es la siguiente:

a) Mégger eléctrico

1. Conectar a la fuente de alimentación.
2. Ajustar el cero:
 - Verificar que la perilla del alto voltaje se encuentre a cero.
 - De acuerdo con la capacidad del motor, seleccionar la escala multiplicadora de resistencia.
 - Conectar la línea de alto voltaje a una de las terminales del motor y la otra a la carcasa exterior.
 - Mediante la perilla de alto voltaje, suministre 2 veces el voltaje nominal de operación.
 - Lea el valor del aislamiento registrado en la carátula del indicador.

Debe entenderse que el aislante no se conserva indefinidamente durante la vida de dicha máquina eléctrica. Se deteriora poco a poco por sobre calentamiento provocado por sobre carga.

Estadísticas realizadas indican que la vida de los aislantes se reduce aproximadamente a la mitad por cada 10 °C de elevación de la temperatura de funcionamiento. Por ejemplo, si una máquina se ha diseñado para una temperatura de funcionamiento continuo a 70 °C, se hace trabajar a 80 °C, su vida se reducirá a la mitad.

Para medir la resistencia eléctrica de un motor, se debe utilizar un "Mégger", cuya forma de utilizar es la siguiente:

a) Mégger eléctrico

1. Conectar a la fuente de alimentación.
2. Ajustar el cero:
 - Verificar que la perilla del alto voltaje se encuentre a cero.
 - De acuerdo con la capacidad del motor, seleccionar la escala multiplicadora de resistencia.
 - Conectar la línea de alto voltaje a una de las terminales del motor y la otra a la carcasa exterior.
 - Mediante la perilla de alto voltaje, suministre 2 veces el voltaje nominal de operación.
 - Lea el valor del aislamiento registrado en la carátula del indicador.

4. Medir en la entrada al interruptor principal, el valor del voltaje, para deducir la caída de tensión que provoca el motor.
5. Una vez puesto en funcionamiento el equipo se medirá de nuevo el valor del voltaje, así como de amperaje, con un volt-amp para comparar el valor de estos parámetros después de haber realizado el resto de los servicios.
6. Los valores leídos en los instrumentos de medición, deberán de ser comparados con los obtenidos en los instrumentos de los tableros para verificar el buen estado de éstos, para cerciorarse que operan o no correctamente.

Revisar el calentamiento de los cojinetes

Debido a que el servicio de engrase de los cojinetes coincide en horas con el servicio del motor, es conveniente realizar el trabajo así: antes de parar el equipo:

1. Revisar manualmente (tocar las tapaderas o cunas) el grado de calentamiento de éstos y con criterio se asumirá el estado bueno o malo de los mismos.
2. Revisar el ruido con la ayuda de un destornillador, así como de la vibración que éstos puedan producir, para evaluar su estado.

3. Una vez hecho el servicio, poner en marcha el equipo, y se evaluará finalmente el verdadero estado de los cojinetes en cuanto a ruido, calentamiento y vibración.

Lubricación de los cojinetes

Para llevar a cabo esta operación, el encargado de la lubricación se percatará inicialmente de que efectivamente, según las horas de operación del equipo ya es necesario efectuar el cambio de grasa o aceite del motor, para garantizar la eficiencia así como el buen rendimiento de los cojinetes que dará como resultado la prolongación de la vida útil de éstos; se adjunta la Tabla No. 1, que es una recomendación directa de los fabricantes de cojinetes. Los procedimientos a seguir para efectuar los servicios de lubricación son los siguientes:

- a) Cojinetes lubricados por grasa
 - a.1) Verifique que el cojinete cuenta con tapón de purga, lo que indicará que el mismo no es sellado.
 - a.2) Remueva el tapón de purga.
 - a.3) Aplique la grasa nueva por medio de una grasería empotrándola en el tapón de llenado.
 - a.4) Aplique la grasa nueva hasta que ésta aparezca en el orificio de purga e inmediatamente suspenda el bombeo del lubricante.
 - a.5) Coloque de nuevo el tapón purga.
 - a.6) Analizando el estado así como viscosidad de la grasa removida,, el engrasador deberá de hacer un informe según su criterio del estado en que se encuentra el cojinete para evaluarlo.

b) Cojinetes lubricados por aceite

Verificando inicialmente lo mismo que en el caso del cambio de grasa, proceda de la siguiente manera:

- b.1) Remueva el tapón de llenado.
- b.2) Remueva el tapón de purga.
- b.3) Utilice un recipiente de medida y forma adecuada y vacíe todo el contenido del lubricante del cojinete.
- b.4) Coloque de nuevo el tapón de purga.
- b.5) Llene la cuna del cojinete con aceite nuevo hasta nivelar el lubricante con la raya indicadora localizada en la parte exterior de la (s) tapadera (s).
- b.6) Coloque el tapón de llenado.
- b.7) Revise detenidamente el estado del aceite para verificar si hay o no presencia de residuos de metal para hacer un informe del estado del cojinete.

PERÍODO DE MANTENIMIENTO: 10,000 HORAS

Repaso total del motor

Para facilitar los pasos del repaso del motor, ver gráfica No. 1, donde se aprecian todas las partes que componen un motor eléctrico.

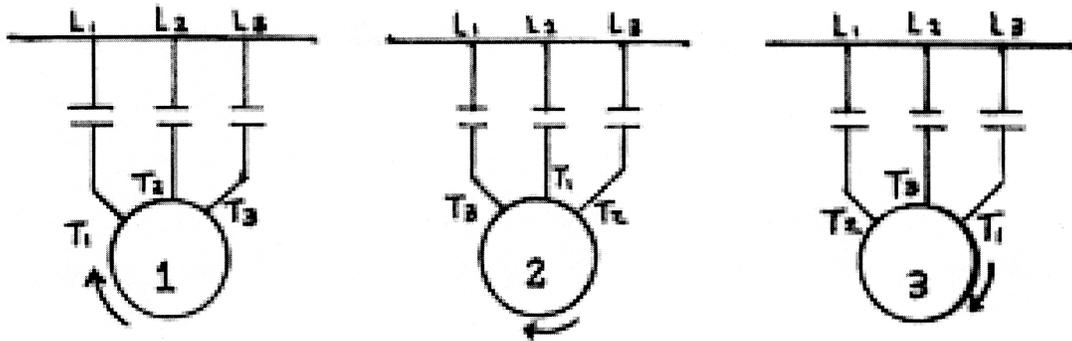
1. Desmontar completamente el motor extrayendo los cojinetes y el rotor.
2. Lavado de los cojinetes e inspección de los mismos y cambio de éstos si fuera necesario.
3. Cambio de aceite y/o grasa.
4. Con la ayuda de un solvente químico cuya constante dieléctrica sea superior a los 25,000 ohmios, remover la suciedad acumulada en los devanados del motor. Dicho solvente químico se debe aplicar en el sistema más adecuado, ya sea brocha o aire comprimido.
5. Aplicar barniz dieléctrico con una brocha.
6. Proceder a secar los arrollamientos del motor, mediante un sistema adecuado (resistencias de calentamiento colocadas en su interior).

TABLA I . Resistencias de calentamiento

	Viscosidad Engler a 50°C	Peso específico a 20 °C	Punto de inflamación °C	Punto de solidificación °C	Cifra de neutralización °C	Contenidos en cenizas %	Asfalto duro %
Hasta 1500 r.p.m.	4 – 6	Máx. 0.9	Mínimo 195	Menos de + 5	No superior a 0.3	No superior a 0.05	0
Más de 1500 r.p.m.	3 – 5	Máx. 0.9	Mínimo 195	Menos de + 5	No superior a 0.3	No superior a 0.05	0
A temperaturas exteriores bajas	2.5 – 4	Máx. 0.9	Mínimo 195	Menos de + 5	No superior a 0.3	No superior a 0.05	0

Según eso todos los aceites de automóvil SAE-20 son apropiados.

FIGURA 9. Toma de lecturas de corriente en tres terminales



2. Intercambiar las terminales del motor en el térmico como se indica en la misma figura, de tal manera que se consiga el "arreglo No. 2". Se deben efectuar los cambios en las terminales del motor,, de tal forma que se siga el sentido de las manecillas del reloj. Nunca "alternar" dos terminales, ya que cambiaría el sentido de giro del motor.
3. Tomar nuevamente las lecturas de corriente, como se hizo en el arreglo No. 1.
4. Repetir los pasos 2°. Y 3°.
5. Empleando la relación "Porcentaje de desbalance de corriente", seleccionar el "arreglo" que tiene el menor porcentaje de desbalance.

EJEMPLO: Las lecturas de corriente de una bomba operando a plena carga, para los tres arreglos de conexiones mencionados son los siguientes:

ARREGLOS 1	ARREGLOS 2	ARREGLOS 3
T1 = 51 amp.	T3 = 50 amp.	T2 = 50 amp.
T2 = 46 amp.	T1 = 48 amp.	T3 = 49 amp.
T3 = 53 amp.	T2 = 52 amp.	T1 = 51 amp.

Sumando las tres lecturas del "arreglo No. 1".

$$T1 = 51 \text{ amp.}$$

$$T2 = 46 \text{ amp.}$$

$$\underline{T3 = 53 \text{ amp.}}$$

$$\text{Total} \quad 150 \text{ amp.}$$

Divida el total por tres, para obtener el promedio:

$$150 \div 3 = 50 \text{ amp.}$$

Calcule la mayor diferencia del promedio:

$$50 \text{ amp.}$$

$$\underline{46 \text{ amp.}}$$

$$2 \text{ amp.}$$

Divida esta diferencia por el promedio para obtener el porcentaje de desbalance:

$$4.00 \text{ amp.} \div 50 = 0.08 (8\%)$$

En este caso, el desbalance de la corriente para el "arreglo No. 1" es del 8%.

Si usted usa el mismo método de cálculo, el máximo desbalance de corriente para los “arreglos 2 y 3” son 4% y 2% respectivamente.

El paso siguiente es seleccionar el “arreglo” que tiene el menor porcentaje de desbalance de corriente, para que el motor electrosumergible opere con el máximo de eficiencia y confiabilidad.

LAS BOMBAS

INTRODUCCIÓN

La bomba es el aparato más importante probablemente del sistema hidráulico.

Su función consiste en transformar la energía mecánica en energía hidráulica, impulsando el fluido hidráulico en el sistema.

Las bombas se fabrican en muchos tamaños, formas (mecánicas o manuales) variedad de materiales (bronce, acero inoxidable, hierro gris, plásticos, etc.) para diferentes formas de bombeo y aplicaciones muy diversas.

Las bombas están clasificadas en 2 categorías básicas:

- a) Hidrodinámicas
- b) Hidrostáticas

BOMBAS HIDRODINÁMICAS

Las bombas hidrodinámicas o de desplazamiento no positivo (como los tipos centrífugos o de turbina) que se usan para transferir fluidos donde la única resistencia que se encuentra es la creada por el peso del mismo fluido (líquido) y el rozamiento (en tubería).

La mayoría de bombas de desplazamiento no positivo funcionan mediante la fuerza centrífuga, cuando el fluido entra por el centro del cuerpo de la bomba, expulsando hacia el exterior por medio de un impulsor en rotación, la capacidad de presión depende de la velocidad.

BOMBAS HIDROSTÁTICAS

Como indica su nombre, las bombas hidrostáticas o de desplazamiento positivo, suministra una cantidad determinada de fluido en cada carrera revolución o ciclo. Su desplazamiento (exceptuando) las pérdidas por la fuga es independiente de la presión de salida, lo que la hace adecuada para la transferencia de potencia.

QUE ES UNA BOMBA TIPO TURBINA

Las bombas tipo turbinas verticales son bombas multietapas, diseñadas para producir elevadas cabezas de bombeo, las cuales en virtud de su construcción hacen óptima su aplicación en casos como:

- a) Bombeo de agua desde pozos profundos, con el fin de alimentar equipos de riego.

- b) Bombeo de agua desde pozos profundos o carcamos, para uso en procesos industriales como alimentación de calderas, torres de enfriamiento y otros.
- c) Bombeo de agua desde pozos profundos o carcamos, en sistemas de seguridad contra incendio.
- d) Bombeo de transferencia de combustible desde tanques o carcamos a los lugares de consumo.

La característica principal que diferencia este tipo de bombas con las bombas centrífugas comunes, es que éstas eliminan la cabeza de succión al trabajar con succión positiva, debido a que por su uso es indispensable que estén sumergidas dentro del fluido, es por esta misma razón que quedan eliminados los problemas de NPSH (cabeza neta positiva de succión) ya que el NPSH disponible será siempre mayor al requerido por la bomba.

**NORMAS PARA BOMBAS TURBINAS VERTICALES CON MOTOR
ELECTROSUMERGIBLE**

NIVEL EJECUTANTE: ELECTROMECAÁNICO

PERÍODO DE MANTENIMIENTO	TRABAJO A REALIZAR
2,000 HORAS	<ul style="list-style-type: none">▪ Medir la resistencia de aislamiento con la bomba colocada dentro del pozo.▪ Verificar el voltaje y el amperaje.▪ Comprobar la sumergencia de la bomba.
10,000 HORAS	<ul style="list-style-type: none">▪ Medir la resistencia de aislamiento antes de extraer el equipo del pozo.▪ Extraer el motor y desacoplarlo de la bomba.▪ Inspeccionar los cojinetes del motor electrosumergible y cambiarlos si fuere necesario.▪ Limpieza del filtro y cambio si es necesario.▪ Cambie el motor electrosumergible si su resistencia de aislamiento sea inferior a 10,000 ohmios.▪ Mantenimiento general de la bomba.▪ Medir la resistencia de aislamiento del cable y motor con el equipo extraído del pozo.

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisión de los cheques de la columna y reparación o cambio si fuere necesario. ▪ Montaje total del equipo. ▪ Medir la resistencia de aislamiento durante el montaje del equipo. ▪ Balancear la corriente del motor. ▪ Medir la producción de la bomba. ▪ Verificar el voltaje y el amperaje. ▪ Comprobar la sumergencia de la bomba. ▪ Medir la resistencia de aislamiento con la bomba colocada dentro del pozo.
--	---

SERVICIOS DE MANTENIMIENTO PARA BOMBAS TURBINAS VERTICALES ELECTROSUMERGIBLES

Período de mantenimiento: 2,000 horas.

Medición de la resistencia de aislamiento. Ver apartado “Servicios de mantenimiento para motores eléctricos”.

Verificar el voltaje y amperaje. Ver apartado “Servicios de mantenimiento para motores eléctricos”.

Corroborar la sumergencia de la bomba. Ver apartado “Servicios de mantenimiento para motores eléctricos”.

Período de mantenimiento: 10,000 horas.

Medir la resistencia de aislamiento. Ver apartado “Servicios de mantenimiento para motores eléctricos”.

Mantenimiento general de la bomba. Ver apartado “Servicios de mantenimiento para motores eléctricos”.

Balancear la corriente del motor trifásico. Ver apartado “Servicios de mantenimiento para motores eléctricos”.

Verificar el voltaje y el amperaje. Ver apartado “Servicios de mantenimiento para motores eléctricos”.

Medir la producción de la bomba. Ver apartado “Servicios de mantenimiento para motores eléctricos”.

RECOMENDACIONES DE INSTALACIÓN PARA LAS BOMBAS TURBINA VERTICAL ELECTROSUMERGIBLES

La bomba electrosumergible ha demostrado ser un equipo de gran confiabilidad, sin embargo, por errores cometidos durante su instalación, la vida útil se reduce o bien da enormes problemas de mantenimiento.

Por esa razón, se presentan a continuación una serie de consideraciones y técnicas de instalación, que deben ser observadas durante su montaje, para reducir al mínimo los problemas técnicos operacionales y de esta manera garantizar instalaciones seguras.

a) Protección contra sobrecarga de los motores sumergibles

Las características de los motores sumergibles difieren de aquellas de los motores normales y requieren protección especial contra sobrecarga. Si el motor se para, el protector contra sobrecarga debe activarse dentro de aproximadamente 10 segundos para proteger los devanados del motor. Al usar motores sumergibles trifásicos, el instalador debe suministrar protectores especiales de desconexión rápida pertenecientes al tipo compensado por ambiente.

Esta compensación es necesaria para suministrar la protección adecuada de rotor enclavado a bajas temperaturas y para evitar la molestia de que se active a altas temperaturas.

b) Enfriamiento del motor electrosumergible

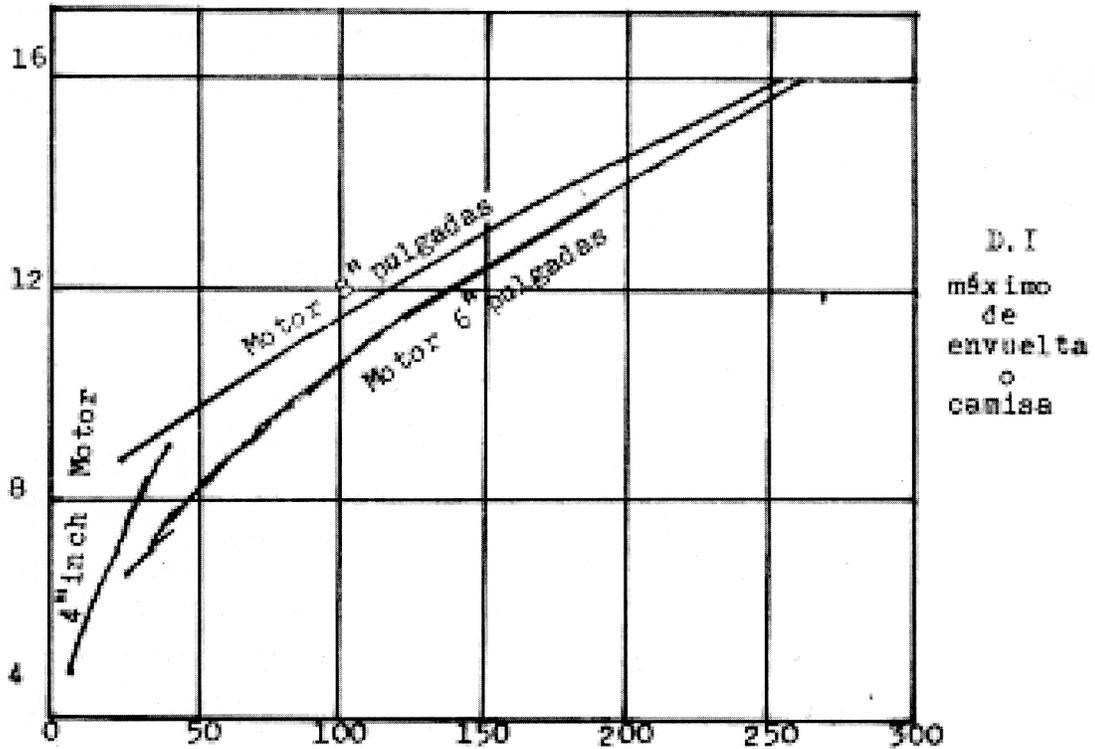
No toda la energía eléctrica recibida por un motor electrosumergible se convierte en potencia mecánica. Un porcentaje de dicha energía, dependiendo de su eficiencia, se convierte en calor que aumenta su temperatura. Esta temperatura debe disiparse en el medio ambiente que lo rodea. Por esta razón los fabricantes de motores electrosumergibles especifican un flujo de agua mínimo que circule por sus costados.

Si no se consigue dicho flujo mínimo, ver gráfica 1, Flujo requerido para enfriamiento del motor electrosumergible, se debe construir una camisa inductora de flujo, para forzarlo, como se muestra en la figura No. 1.

Dicha camisa inductora se le debe incorporar al motor eléctricosumergible en los siguientes casos:

- i) Cuando se coloca la bomba debajo de rejilla (o rejillas) con que cuenta el pozo.
- ii) Cuando se coloca la bomba en pozos de gran diámetro o cisternas.

FIGURA 10. Tabla para calcular el flujo de agua que indicara el enfriamiento correcto del motor



Los motores sumergibles, excepto los de TRABAJO PESADO de 8" están diseñados para operar a una potencia máxima a factor de servicio en agua de hasta 30°C. Para un enfriamiento adecuado se requiere de un flujo de 0.25 pies/seg. para motores de 4" de alto empuje y de 0.5 pies/seg. para motores de 6 y 8 pulgadas. La figura siguiente muestra los índices mínimos de flujo en GPM.

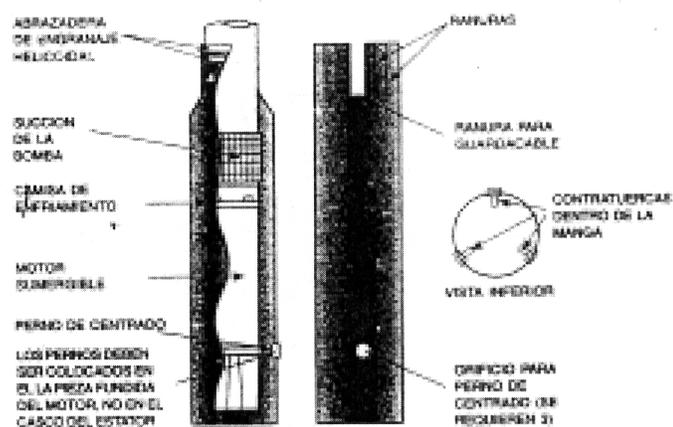
FIGURA 11. Camisa para el enfriamiento del motor electrosumergible

Flujo Requerido para Enfriamiento

GPM mín. para enfriar el motor en agua de 86°F (30°C).			
Adorno o D.I. Camisa Pulg. (mm)	Motor 4" Alto Empuje	Motor 6"	Motor 8"
	.25 pies/seg. GPM (l/m)	.50 pies/seg. GPM (l/m)	.50 pies/seg. GPM (l/m)
4 (102)	1.2 (4.5)	-	-
5 (127)	7 (26.5)	-	-
6 (152)	13 (48)	9 (34)	-
7 (178)	20 (73)	25 (91)	-
8 (203)	30 (114)	45 (170)	10 (40)
10 (254)	50 (183)	90 (340)	25 (91)
12 (305)	80 (303)	140 (530)	110 (430)
14 (356)	110 (416)	200 (760)	160 (640)
18 (457)	190 (726)	300 (1160)	245 (930)

25 pies/seg. = 7.62 cm/seg. 50 pies/seg. = 15.24 cm/seg.
1 pulgada = 2.54 cm

Siempre se requiere de una camisa de enfriamiento en un manto abierto de agua. La grafica muestra la construcción de dicha camisa.



Indicación de la resistencia de aislamiento de un motor.

c) Electrosumergible

Las gráficas 1 y 2 reúnen una serie de valores de resistencia de aislamiento (ver apartado "medición de resistencia de aislamiento), para diversas condiciones de servicio de un motor electrosumergible.

TABLA II. VALORES DE RESISTENCIA EN OHMIOS Y MEGAOHMOS NORMALES ENTRE TODOS LOS CONDUCTORES Y TIERRA

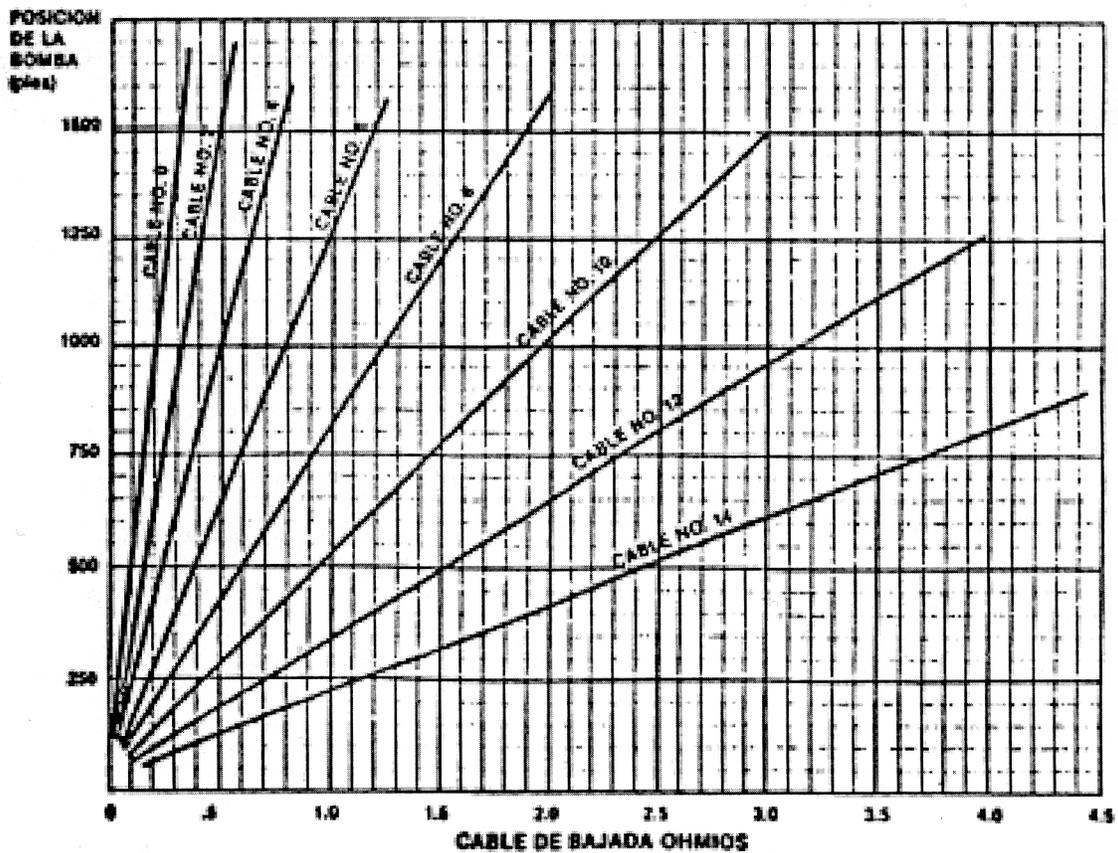
La resistencia de aislamiento no varía con el régimen. Todos los motores de todos los regímenes de potencia, voltaje y fase tienen el mismo valor de resistencia de aislamiento.

Condición del motor y los conductores	Ohmiaje	Megaohmiaje
Un motor nuevo (sin cable de bajada)	20.000.000 (o más)	20,0
Un motor usado que puede reinstalarse en el pozo	10.000.000 (o más)	10,0
MOTOR EN EL POZO. Indicaciones de ohmios son para el cable de bajada más el motor		
Un motor nuevo en el pozo.	2.000.000 (o más)	2,0
Un motor en el pozo en condición bastante buena.	500.000-2.000.000	0,5 – 2,0
Un motor que puede haber sido dañado por un rayo o con conductores dañados. No extraer la bomba por esta razón.	20.000 – 5000.000	0,02 – 0,02
Un motor que definitivamente ha sido dañado o con cable dañado. Extraer la bomba y hacer las reparaciones al cable o reemplazar el motor. El motor no fallará por esta única razón, pero probablemente no funcionará por mucho tiempo.	10.000 – 20.000	0,01 – 0,02
Un motor que ha fallado o con la aislación del cable completamente destruida. Extraer la bomba y reparar el cable o reemplazar el motor.	Menos de 10.000	0 – 0,01

RESISTENCIA TOTAL DEL CABLE DE BAJADA (OHMIOS)

Los valores dados más abajo son para los conductores de cobre. Si se usa cable de bajada de conductor de aluminio, la resistencia será más alta por cada pie de cable del mismo tamaño. Para determinar la resistencia real del cable de bajada de aluminio, dividir las indicaciones de ohmios de este gráfico por 0,61. Este gráfico muestra la resistencia total del cable desde la caja de control al motor y de vuelta a la caja.

FIGURA 12. Medición de la resistencia del devanado



**CUADRO DE DIAGNÓSTICO PARA LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS
EN BOMBAS ELECTROSUMERGIBLES**

FALLA	CAUSA POSIBLE	ACCIÓN CORRECTORA
Sobre-temperatura	Alto o bajo voltaje.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Medir el voltaje de línea ($\pm 10\%$). ▪ Calibre de los conductores. ▪ Capacidad de transformación.
	Motor sobrecargado	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Medir el amperaje; compararlo con el nominal.
	Desbalance excesivo de corriente.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ponerse en contacto con la compañía de electricidad.
	Falla de fase	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reponer el fusible fundido. ▪ Observar las cuchillas de alta tensión.
	Bomba no adecuada para el motor.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar la selección de la bomba. ▪ Comprobar que la bomba sea de potencia/caudal correctos para la aplicación.

FALLA	CAUSA POSIBLE
Descebado en marcha	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El líquido lleva aire o gas. ▪ Sentido de rotación incorrecto. ▪ Viscosidad del líquido superior a la que ha sido prevista. ▪ Aro rozante estropeado. ▪ Impulsor deteriorado. ▪ Entrada de aire en la tubería de aspiración. ▪ Altura de aspiración demasiado elevada. ▪ Arrastre de aire o gas por el líquido. ▪ Bolsa de aire en la tubería de aspiración.
Potencia absorbida excesiva	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entrada del tubo de aspiración insuficientemente sumergida. ▪ Velocidad demasiado elevada. ▪ Sentido de rotación incorrecto. ▪ Defectos mecánicos de la bomba: el rotor tiene algún punto de contacto con piezas fijas, rodamientos averiados, alineación incorrecta, eje torcido.

FALLA	CAUSA POSIBLE	ACCIÓN CORRECTORA
	Roce del impulsor de la bomba- excesiva fricción del sistema.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar si la rotación de la bomba es libre. ▪ Reparar o cambiar según convenga.
	Bobina del motor perforada (Rotor bloqueado)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar si el conjunto bobina-motor se encuentran bloqueados. Reparar o cambiar.
	Interruptor térmico mal seleccionado.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comprobar que el amperaje nominal de placa del motor, se encuentre dentro del margen de ajuste.
Baja carga	Ajuste de baja carga es inapropiado.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ajustar el 55% de los amperios de plena carga.
	Fuga de corriente a tierra.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar la resistencia de aislamiento a tierra y reparar el cable o empalme cañado.
	Problemas de succión.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dejar que el pozo o cisterna se recuperen. Mediante un retardador situar la bomba a mayor profundidad. Desarrollar el pozo. Limpiar el pascon la bomba.

FALLA	CAUSA POSIBLE
Caudal nulo o insuficiente	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mal cebado: la bomba o la tubería no se encuentran completamente llenas de líquido. ▪ Velocidad demasiado baja. ▪ Altura de impulsión demasiado elevada (la instalación precisa para el caudal requerido, una altura superior a la que ha sido prevista) ▪ Altura de aspiración demasiado elevada (el NPSH disponible es demasiado débil) ▪ Impulsor obstruido por cuerpos extraños. ▪ Sentido de rotación incorrecto. ▪ Toma de aire en la tubería de aspiración. ▪ Válvula de pie demasiado pequeña o filtro-pascon obstruido. ▪ Entrada de tubo de aspiración insuficiente sumergida. ▪ Averías mecánicas: impulsor, aros rozantes, juntas, etc. ▪ El líquido lleva aire o gas. ▪ Bolsas de aire en la aspiración.
Presión insuficiente	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Velocidad demasiado baja.

FALLA	CAUSA POSIBLE
Vibraciones de la bomba o ruido.	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="824 331 1187 365">▪ Alineación incorrecta. <li data-bbox="824 401 1227 434">▪ Fundiciones incorrectas. <li data-bbox="824 470 1365 575">▪ Impulsor parcialmente obstruido o roto y en consecuencia, desequilibrado. <li data-bbox="824 611 1365 863">▪ Defectos mecánicos: partes móviles que rozan contra otras fijas, rodamientos averiados, impulsor deteriorado, rodamientos desgastados por defectos de alineamiento o eje torcido, defecto de lubricación. <li data-bbox="824 898 1321 961">▪ Arrastre de aire o de gas por el líquido.

FALLA	CAUSA POSIBLE	ACCIÓN CORRECTORA
Presión insuficiente	Sentido de giro incorrecto.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Invertir las terminales del motor.
	Hay partículas extrañas en los conductos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desmontar y limpiar.
	Algún impulsor no está fijado en el eje.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desmontar y volver a montar la bomba.
Caudal nulo o insuficiente.	Frecuencia y tensión bajas, por lo que la bomba funciona a una velocidad más baja de lo normal.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Medir la tensión y la frecuencia de operación, eventualmente aumentar el calibre de los conductores.
	Tubo de impulsión o la aspiración de la bomba obstruidos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desmontar la bomba y limpiarla.
Caudal nulo o insuficiente.	El pozo suministra un caudal escaso y se achica.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proveer un control de niveles, si es posible bajarla bomba en el pozo para aumentar la sumergencia.
Disparo térmico.	Falla de fase.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Medir los voltajes para detectar cual o cuales fases han fallado.
	La corriente absorbida por el motor electrosumergible es superior a lo normal, se presenta sobrecarga.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Regular la altura cerrando la válvula de paso.

FALLA	CAUSA POSIBLE	ACCIÓN CORRECTORA
Disparo térmico y ruidos irregulares.	El rodamiento de la boca aspirante o los impulsores están desgastados.	<ul style="list-style-type: none">▪ Proceder a su revisión.

CONCLUSIONES

1. Con la implementación de la válvula de alivio, se logró proteger y prolongar el tiempo de vida útil del motor sumergible (30 H.P.) que opera el pozo 1, reduciendo en alto porcentaje la probabilidad de fallas mecánicas minimizando el golpe de ariete y mejorando la correcta funcionalidad del equipo asegurando también su operación, ya que, era el único que abastecía el agua, a toda la comunidad de Ingeniería.
2. Con el cambio del tablero de control, -arrancador-, del motor sumergible del pozo 2 (20 H.P.) se rehabilita el sistema de bombeo al 100% en su caudal ya que por estar inoperable el arrancador antiguo, no operaba este equipo. Con este trabajo, se logró aprovechar toda la explotación del recurso hidráulico con que cuenta la Facultad.
3. A todo el equipo electromecánico no se le brindaba un mantenimiento adecuado antes de efectuar este trabajo.
4. Todo el diseño eléctrico, cables y equipos operan y se identifican en buenas condiciones.
5. La red de distribución está bien diseñada y es eficiente.
6. La única pero gran fuente de pérdida de caudal la constituyen los sanitarios y mingitorios del edificio T-3.

7. El haber realizado el presente trabajo de E.P.S. ha sido una valiosa experiencia para poner en práctica los conocimientos teórico-académicos aprendidos durante la carrera, así como la nueva aportación de experiencias y conocimientos tanto técnicos como administrativos que fueron desde verificación de planos, diseño del arrancador, análisis de acometida, hasta búsqueda de recursos económicos, cotizaciones, gestiones administrativas, supervisión de ejecución de obra física, que en el aula no se aprenden.

RECOMENDACIONES

1. Ahora que ya se tiene el Manual de Mantenimiento Preventivo de todo el sistema hidráulico y equipos, es conveniente que los técnicos del departamento correspondiente, le brinden el adecuado y oportuno seguimiento a los mismos para mantener su eficiencia y rendimiento minimizando los costos de inversión y reparación.
2. Para que el sistema sea el 100% de eficiencia se deberán efectuar los siguientes trabajos.
 - a) Será necesario acoplar la tubería del pozo No. 2 con la red No. 1 en el área del edificio T-3 como se puede analizar en la Figura No. 10 para que el agua suba al tanque elevado, -ya que, actualmente no es así-, para que este pozo también surta a los servicios del edificio T-3.
 - b) También deberán de conectarse los electrodos tanto del tanque elevado como del pozo, con sus respectivos guardaniveles y poder AUTOMATIZAR el sistema del pozo 2.
3. **Es de vital importancia** eliminar las grandes fugas que se presentan en los servicios del edificio T-3, pues, se pierde gran caudal de agua producido por el pozo provocando que el equipo trabaje más tiempo en deterioro del mismo, generando, también, buenas pérdidas económicas en la facturación.

4. Durante el trabajo de evaluación y análisis, se observó que las tierras físicas existentes en la Facultad no están conectadas y es de vital importancia hacerlo, ya que, esto provoca diferencia de potencial en las mismas.
5. En una evaluación generalizada que se efectuó se pudo observar que no existe planta de emergencia alguna. Debido a que existen varios sistemas, redes, de alimentación a los diferentes edificios, es muy conveniente que de inmediato, con trabajos como el presente, se consigan los diseños de las mismas y en un futuro muy cercano poder implementarlas, para todas las actividades que se realizan, no se suspendan al haber un corte en el fluido eléctrico.
6. El agua captada, NO ES CLORADA, por lo que se sugiere hacerlo, debido a que, desde todo punto de vista sanitario y bacteriológico, es necesario. Ver anexo 2.
7. Es necesario considerar, en el futuro, presupuesto para la compra de un nuevo equipo bomba-motor sumergible para el pozo No. 1 que sirva de reserva al averiarse el actual. Ver anexo 1.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cabrera Cienfuegos, Hugo. **Sistema electromecánico de plantas de bombeo**. Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis.
2. Chang Liang, Josefino. **Consideraciones sobre montaje, operación y mantenimiento de sistemas municipales de bombeo**. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Tesis.
3. EMPAGUA / OPS / OMS / COPECAS. **Manual modelo de normas de operación y mantenimiento de equipo electromecánico e instalaciones de sistemas de agua potable y saneamiento**. 1986
4. Figueroa, Carlos. **Proyecto de mejoramiento de las instalaciones eléctricas en los edificios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala**. Guatemala. Facultad de Ingeniería, 1991.
5. Kosóv, Irving. **Control de máquinas eléctricas**. Editorial Reverté, S. A., Barcelona, España.
6. Manual Franklin Electric. **Sistema de protección y mantenimiento de motores sumergibles**. Marzo 1974.

7. Secretaría de Agricultura y recursos hidráulicos del valle de México.
Instructivo de operación y mantenimiento de equipo eléctrico para sistemas de bombeo. Agosto 1977.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hitachi submersible motors. Hitachi Ltd., **Catálogos** Tokyo, Japan.
2. Koenigsberger, Rodolfo. **Instalaciones eléctricas I**. Guatemala. Facultad de Ingeniería, 1982.

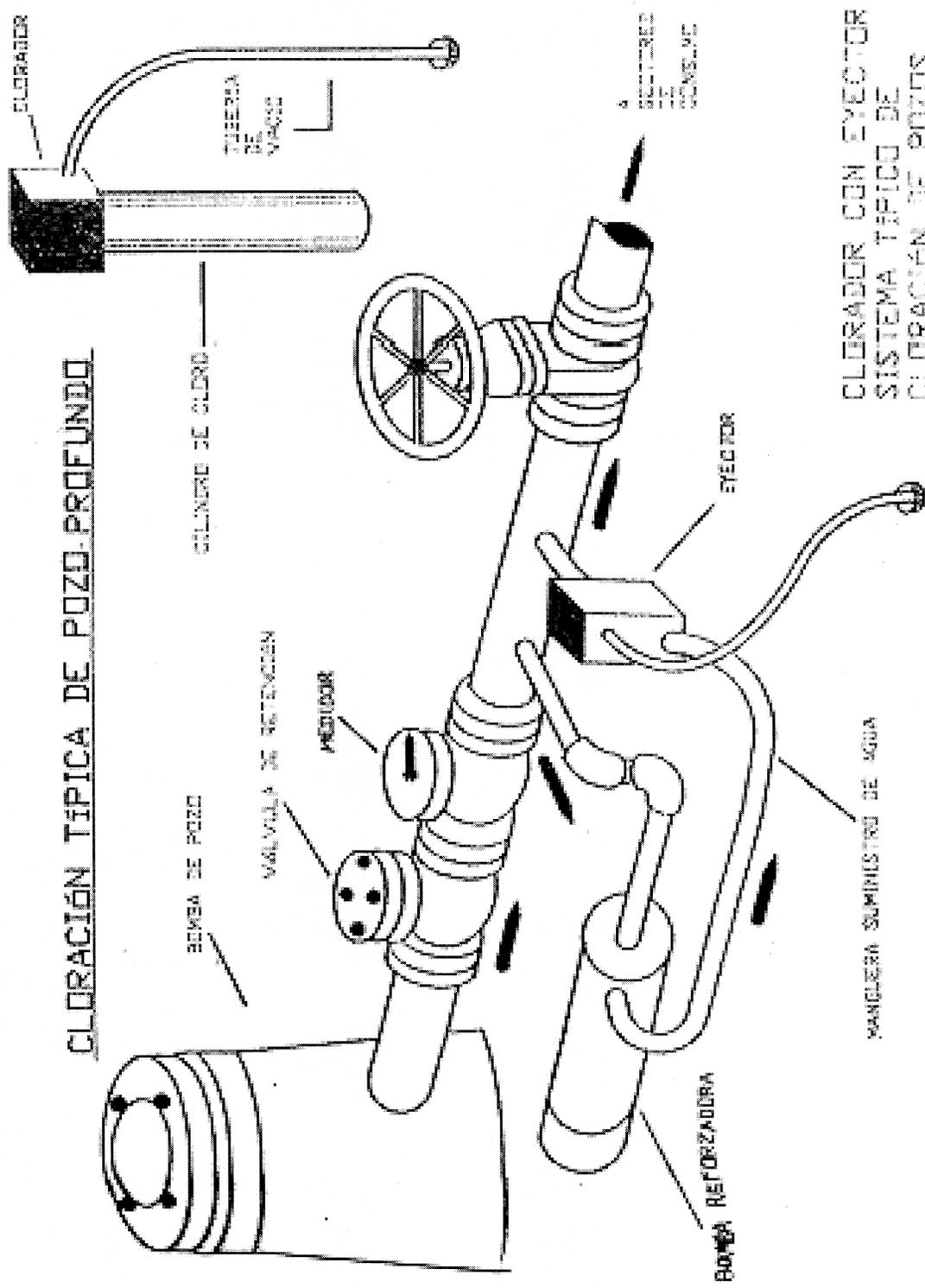
Nacional electrical code. Edición 1981. Estados Unidos. S.p.i. 1980.

Normas para acometidas de servicio eléctrico. 9ª. Edición. Guatemala. Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A. 1983.
3. Productos eléctricos de 3M. **Catálogo**. Guatemala.
4. Submersible Pumas. **Pleuger unterwasser pumpen GBMH**. Hamburgo, Alemania. Catálogos.

ANEXOS

1. Características del clorinador a implementar.
2. Nota de agradecimiento por el trabajo realizado.

CLORACIÓN TÍPICA DE POZO PROFUNDO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Ref.D.256.04
30 de Septiembre de 2004

Ing. Inf.
Hugo Roberto Corzo
Estudiante de Ingeniería Eléctrica
Facultad de Ingeniería
U S A C

Señor Corzo.

En nombre de la Facultad de Ingeniería agradezco a usted la colaboración brindada hacia nosotros de forma tan eficiente, al haber trabajado la rehabilitación de los pozos de agua potable que surten a esta Facultad, implementado la válvula de alivio en el pozo No.1 y el tablero de control del pozo No.2., como parte de su Ejercicio Profesional Supervisado, previo a obtener el título de Ingeniero Eléctrico.

No nos queda más que desearle toda clase de éxitos futuros en el desenvolvimiento de su carrera.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAR A TODOS


Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
DECANO



/edes
c.c.: E.P.S.
archivo.