



**Universidad de Quintana Roo.**  
**División de Ciencias e Ingenierías.**

---

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN PROGRAMA DE  
MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE  
AGUA POTABLE**

**TRABAJO DE TESIS  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
INGENIERO EN SISTEMAS DE ENERGÍA.**

***PRESENTADO POR  
EDWIN PÉREZ PERAZA.***

***DIRECTOR  
M.C. JAIME DIONISIO CUEVAS DOMINGUEZ.***

Ø49758



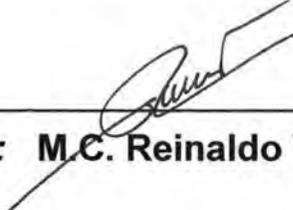
**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**  
**División de Ciencias e Ingeniería**

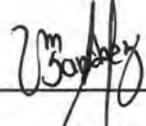
**Tesis elaborada bajo la supervisión del Comité de Asesoría y aprobada como requisito parcial, para obtener el grado de:**

**INGENIERO EN SISTEMAS DE ENERGÍA**

**COMITÉ**

  
\_\_\_\_\_  
**Director: M.C. Jaime Dionisio Cuevas Domínguez.**

  
\_\_\_\_\_  
**Asesor: M.C. Reinaldo Villareal Rodríguez**

  
\_\_\_\_\_  
**Asesor: M.C. Víctor Manuel Sánchez Huerta**



**Chetumal, Quintana Roo, Agosto del 2006**

## **Agradecimientos.**

Agradezco a todos y a cada uno de los maestros que hicieron posible estudiar y terminar mi carrera. A aquellos que día a día estuvieron en las aulas de clase y en laboratorios enseñando y dando un poco de ellos mismos. A todos ellos gracias.

Agradezco a mi director de Tesis el M.C. Jaime Dionisio Cuevas Domínguez a mis asesores al M.C. Víctor Sánchez Huerta y al M.C. Reinaldo Villareal Rodríguez por el tiempo que dedicaron en la revisión de este trabajo. Gracias.

Agradezco infinitamente la ayuda que me brindaron mis padres Adonay Pérez Angulo y Fabiola Peraza Darza. A mis hermanos que me ayudaron en todo momento, que siempre me tendieron la mano y por haber creído en mí. Gracias.

## CONTENIDO.

### I.- INTRODUCCION.

I.I- Justificación	1
I.II Planteamiento del problema	1
I.III Objetivos	2
I.IV Alcances	2
I.V Metodología	3

### CAPÍTULO 1.- LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y SUBSISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

1.1 Localización del Municipio	5
1.2 Sistema de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) en Q. Roo	6
1.3 Sistema de (CAPA) en el Municipio de Othon P. Blanco	9
1.3.1 Organigrama.	
1.4 Sistema de Bombeo de Agua Potable	10
1.4.1 Partes de la instalación	11
1.5 Subsistemas de un Sistema de Bombeo de Potable	13
1.5.1 Subsistema eléctrico	13
1.5.1.1 Arrancador	13
1.5.1.2 Transformador	13
1.5.1.3 Motor	14
1.5.2 Subsistemas mecánicos y de extracción	14
1.5.2.1 Pozo	14
1.5.2.2 Columna de bombeo	14
1.5.2.3 Bomba	15
1.5.3 Subsistema de almacenamiento	15
1.5.3.1 Tanque elevado	15
1.5.3.2 Cisterna	15
1.5.4 Subsistema de desinfectación	15
1.5.4.1 Cloración	15

<b>1.6</b>	<b>Conceptos Básicos de Mantenimiento</b>	<b>16</b>
1.6.1	Mantenimiento	16
1.6.2	Tipos de mantenimiento	16
1.6.2.1	Mantenimiento de rutina	17
1.6.2.2	Mantenimiento Predictivo	17
1.6.2.3	Mantenimiento Preventivo	18
1.6.3	Mantenimiento correctivo	19
1.6.4	Mantenimientos previstos o programados	19
<b>1.7</b>	<b>Resumen del primer capítulo</b>	<b>21</b>

## **CAPÍTULO 2.- DEFINICIÓN DE CONCEPTOS Y CRITERIOS DE MANTENIMIENTO**

<b>2.1</b>	<b>Definición de conceptos utilizados</b>	<b>24</b>
2.1.1	Brigada	24
2.1.2	Módulo	24
2.1.3	Acciones	25
<b>2.2</b>	<b>Descripción de los sistemas y equipos</b>	<b>26</b>
2.2.1	Sistema eléctrico	26
2.2.2	Subestación	26
2.2.3	Bombas Verticales	27
2.2.4	Bombas sumergibles	28
2.2.5	Cuerpo de Tazones	29
2.2.6	Bombas de combustión interna	30
2.2.7	Sistema de Cloración	30
2.2.8	Columna de bombeo	31
2.2.9	Tanque elevado y cisterna	32
<b>2.3</b>	<b>Criterios de mantenimiento</b>	<b>32</b>
2.3.1	Mantenimiento preventivo al sistema eléctrico	33
2.3.2	Mantenimiento preventivo mayor a motores y bombas verticales	34
2.3.3	Mantenimiento preventivo menor a motores y bombas verticales	35
2.3.4	Mantenimiento preventivo a subestación eléctrica	36
2.3.5	Mantenimiento preventivo a los sistemas de cloración	36
2.3.6	Mantenimiento preventivo al tren de descarga	37
2.3.7	Mantenimiento preventivo a motores y bombas sumergibles	38
2.3.8	Mantenimiento preventivo a la columna de bombeo	39
2.3.9	Mantenimiento preventivo al tanque elevado y cisterna	40
2.3.10	Mantenimiento preventivo al área de pozo y tanque	41
<b>2.4</b>	<b>Resumen del segundo capítulo</b>	<b>42</b>

## CAPÍTULO 3 RECOLECCIÓN DE DATOS

<b>3.1</b>	<b>Recolección de datos</b>	<b>45</b>
<b>3.2</b>	<b>Datos de las bombas por comunidad y tipo</b>	<b>46</b>
3.2.1	Equipo de tipo vertical	46
3.2.2	Equipos de combustión interna	49
3.2.3	Equipos sumergibles	49
3.2.4	Equipos horizontales	51
<b>3.3</b>	<b>Cálculo del tiempo de mantenimiento</b>	<b>52</b>
<b>3.4</b>	<b>Datos del sistema eléctrico</b>	<b>54</b>
<b>3.5</b>	<b>Datos de la columna de bombeo y Tanque Elevado</b>	<b>56</b>
<b>3.6</b>	<b>Resumen del tercer capítulo</b>	<b>60</b>

## CAPÍTULO 4.- ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

<b>4.1</b>	<b>Diagrama de flujo del sistema de Mantenimiento</b>	<b>62</b>
4.1.1	Descripción del diagrama de flujo	63
<b>4.2</b>	<b>Elaboración del sistema de mantenimiento preventivo general, utilizando hoja de calculo Excel</b>	<b>65</b>
4.2.1	Programa general	66
4.2.1.1	Estructura del programa	67
4.2.2	Partes que conforman el programa	72
<b>4.3</b>	<b>Programa de mantenimiento mensual</b>	<b>74</b>
4.3.1	Partes que conforman el programa mensual	75
<b>4.4</b>	<b>Carnet de Servicio</b>	<b>77</b>
4.4.1	Partes que conforman el carnet de servicio	77
<b>4.5</b>	<b>Generar de la orden de trabajo</b>	<b>81</b>
<b>4.6</b>	<b>Resumen del cuarto capítulo</b>	<b>83</b>
<b>5.-</b>	<b>Conclusión</b>	<b>88</b>
<b>6.-</b>	<b>Bibliografía</b>	<b>90</b>

## I.- INTRODUCCION.

### I.I.- JUSTIFICACIÓN.

Este trabajo se realizó por la necesidad que tiene la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado "Organismo Operador Othon P. Blanco", de contar con un programa de mantenimiento preventivo programado para los sistemas de bombeo de agua potable en las comunidades del Municipio de Othón P. Blanco.

El contar con un programa de mantenimiento preventivo bien programado ayuda a eficientar el servicio y ahorra y dinero, de ahí la importancia del programa y del porqué de este trabajo.

### I.II.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

- **Definición del problema.**

Este programa de análisis de un sistema de mantenimiento preventivo, surge de la necesidad que tiene la Comisión de Agua potable y Alcantarillado (CAPA) en el área de producción rural, de profesionalizar y controlar el mantenimiento de los diferentes equipos y dispositivos para el bombeo de agua potable en el municipio de Othón P. Blanco, Q. Roo, con el fin de que los equipos trabajen de manera constante, eficiente y óptima, y permita brindar un mejor servicio a los usuarios de las distintas comunidades que conforman este municipio, así como también, ahorrar tiempo y costos de mantenimiento en los equipos de bombeo y suministro de agua potable.

### **I.III.- OBJETIVOS.**

Análisis y diseño del sistema del mantenimiento preventivo previsto o programado, para la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA), en el municipio de Othón P. Blanco.

Demostrar la viabilidad del sistema propuesto mediante la programación del mantenimiento preventivo para las comunidades que conforman el sistema Operativo del municipio de Otón P. Blanco.

### **I. IV.- ALCANCES.**

Alcances del sistema.- Revisar y hacer un informe de los datos anteriores sobre el mantenimiento hecho a los diferentes equipos de bombeo. En base al informe, programar el mantenimiento preventivo y ejecutarlos de acuerdo a las fechas establecidas. Hecho el mantenimiento hacer un reporte para programar el mantenimiento siguiente.

Una meta a largo plazo es generalizar el programa hacia los otros municipios que no cuentan con un programa de mantenimiento preventivo.

## **I. V.- METODOLOGIA.**

Para realizar el diseño y análisis, se procederá a realizar las siguientes etapas.

- A) Recolectar datos sobre las características de los equipos de bombeo, de los dispositivos de suministro de energía, así como también de los diferentes sistemas con que cuenta un sistema de bombeo y suministro de agua potable.
- B) Revisar la reglamentación y los criterios de mantenimiento de los equipos y sistemas.
- C) Modelar el sistema de mantenimiento mediante un diagrama de flujo.
- D) Elaboración del sistema de mantenimiento preventivo general, utilizando hoja de calculo Excel.
- E) Ingresar los datos y validar el sistema mediante la programación de mantenimiento de una muestra representativa de comunidades.

## LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y SUBSISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

### Introducción.

Para el siguiente trabajo es muy importante saber en donde se ubica el Municipio y hasta donde abarca el área a estudiar o analizar.

En una empresa o dependencia es muy importante la organización, el saber de quienes y como se conforma y cual es la función de cada parte, sirve de mucho para el buen funcionamiento de la organización y poder así lograr sus objetivos planteados.

En este capítulo se describe como está estructurada la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado en el Estado de Q. Roo y en particular, el municipio de Othón P. Blanco, también se describe como está compuesto un sistema de bombeo de agua y las partes más importantes que la conforman, así como también los principios básicos y tipos de mantenimiento más utilizados

## 1.1 Localización del Municipio.

El municipio de Othón P. Blanco se localiza en el sur del Estado de Quintana Roo, entre los 19° 14' y 70° 50' de latitud norte y los 87° 15' y 89° 25' de longitud oeste. Al norte colinda con los municipios de Felipe Carrillo Puerto y José María Morelos; al este limita con el Mar de las Antillas; al sur hace frontera con Belice y Guatemala, siendo el único municipio del país que tiene frontera con dos países; y al oeste colinda con el estado de Campeche.

En Othón P. Blanco se encuentran las mayores altitudes que existen en Quintana Roo, que son de alrededor de 300 metros. Es también el municipio más grande del estado, con una extensión de 18,760 kilómetros cuadrados, que representan el 36.9 por ciento de la superficie total de Quintana Roo. La población del municipio habita en 482 localidades, como se señala en la figura 1.1.1, siendo las más importantes Chetumal (cabecera del municipio y capital estatal), Bacalar, Xul-há, Nuevo Álvaro Obregón, Calderitas, Ingenio Álvaro Obregón, Nicolás Bravo, Sergio Butrón Casas, Nuevo Ucum y Limones. (INEGI 2003)

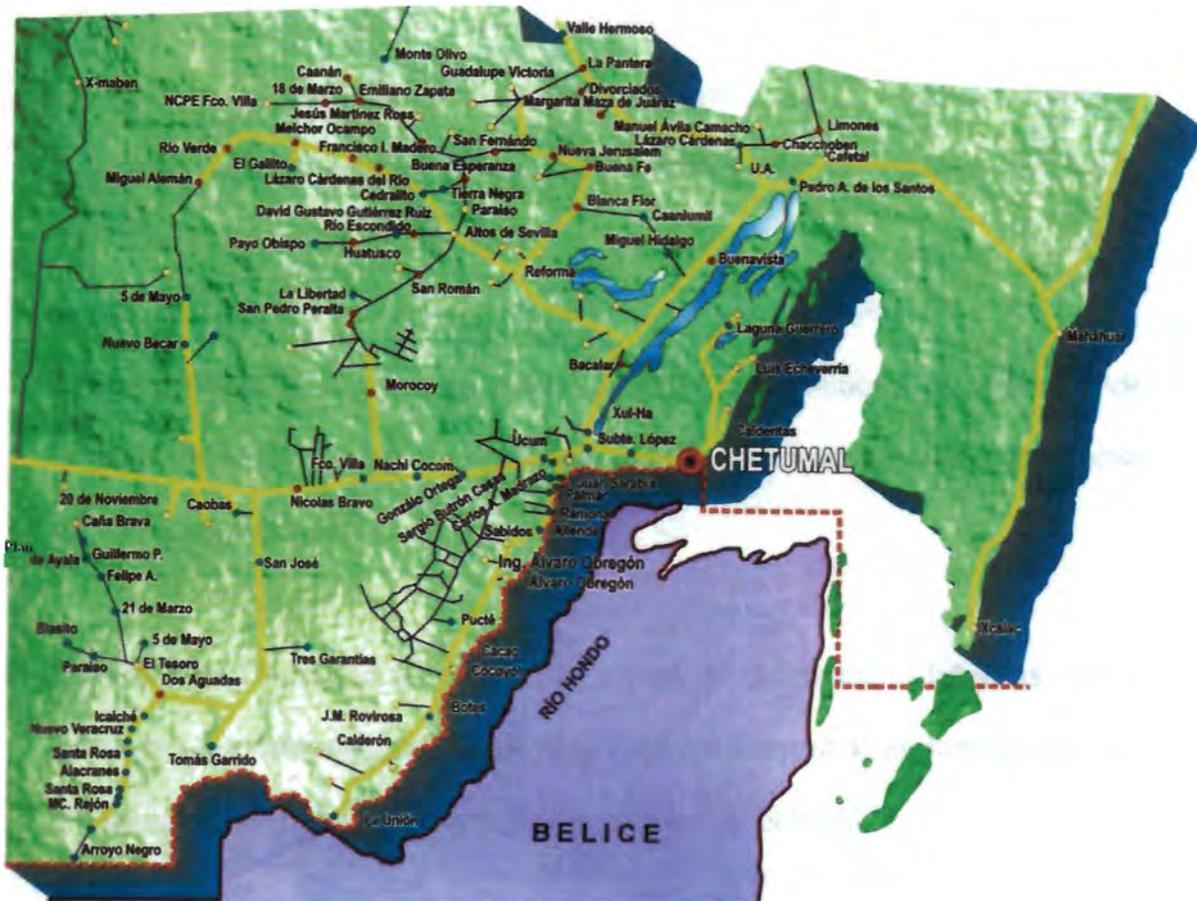


Figura 1.1.1.- Mapa del municipio de Othón P. Blanco

### 1.1. Sistema de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) en Q. Roo.

El artículo 17, 18 y 23 de la Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo, Publicada en el Periódico Oficial del 9 de abril de 1996 decreto: 162. Define los conceptos utilizados en este sistema.

“ARTICULO 17.- Para los efectos de esta Ley, las siguientes expresiones se entenderá en la forma y términos que se indica.”

- I. "Sistema de Agua Potable".- Conjunto de bienes y obras dedicados a extraer o captar agua que, después de un tratamiento que la haga apta para el consumo humano, se haga llegar a los domicilios de los usuarios por medio de redes de tubos de distribución.
  
- II. "Agua Potable".- Agua que presenta las características de carecer de exceso de sales minerales, bacterias y parásitos, y que puede consumirse sin que peligre la salud.
  
- III. "Sistema de Drenaje o Alcantarillado".- Red de conductos o tuberías, por lo general subterráneas, que sirven para coleccionar y evacuar en forma higiénica y segura las aguas de desecho de los centros de población.
  
- IV. "Atarjeas o Albañales".- Tubos de concreto colocados generalmente al centro de calles y en forma subterránea, que sirven para conducir aguas negras o de lluvia o ambas a la vez.
  
- V. "Subcolectores".- Tuberías que captan las aguas recolectadas por las atarjeas.
  
- VI. "Colectores".- Tubería que recibe las aguas que captan los subcolectores, para llevarlas al sistema emisor que ha de vertirlas.

VII. "Descarga".- Conducto por el cual se conectan a las atarjeas o albañales los predios para evacuar en forma higiénica y segura las aguas de desecho.

VIII. "Comisión de Agua Potable y Alcantarillado".- Organismo estatal encargado de planear, construir, conservar, ampliar y en su caso operar, así como dictar las normas y procedimientos que han regir los sistemas y los servicios de agua potable y alcantarillado.

IX. "Organismos Operadores".- Entidades encargadas de administrar, operar y conservar los servicios públicos de distribución y abastecimiento de agua potable y los de drenaje y alcantarillado de los centros de población.

"ARTÍCULO 18.- Los servicios públicos de agua potable y alcantarillado estarán a cargo de un organismo público descentralizado, de naturalezas mixtas estatales y municipales, que se denominará "Comisión de Agua Potable y Alcantarillado", cuya constitución y funcionamiento serán regulados."

"ARTÍCULO 23.- La Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado, para el debido cumplimiento de sus fines y objetivos, ejercerá sus funciones y facultades a través de los siguientes órganos de Gobierno:"

- I. Consejo Directivo.
- II. Dirección General.
- III. Organismos Operadores.

El **Consejo Directivo** contará con un Consejo Técnico Consultivo, el cual se integrará y funcionará en la forma y términos que la presente Ley y sus reglamentos respectivos señalen. La Contraloría de Gobierno del Estado fungirá como Comisario de la Comisión."

## 1.2. Sistema de (CAPA) en el Municipio de Othon P. Blanco.

### 1.2.1. Organigrama.

El Organismo Operador del Municipio de Othón P. Blanco esta conformado principalmente por el gerente y subgerentes, como se muestra en el diagrama de la figura.-1.2.1.

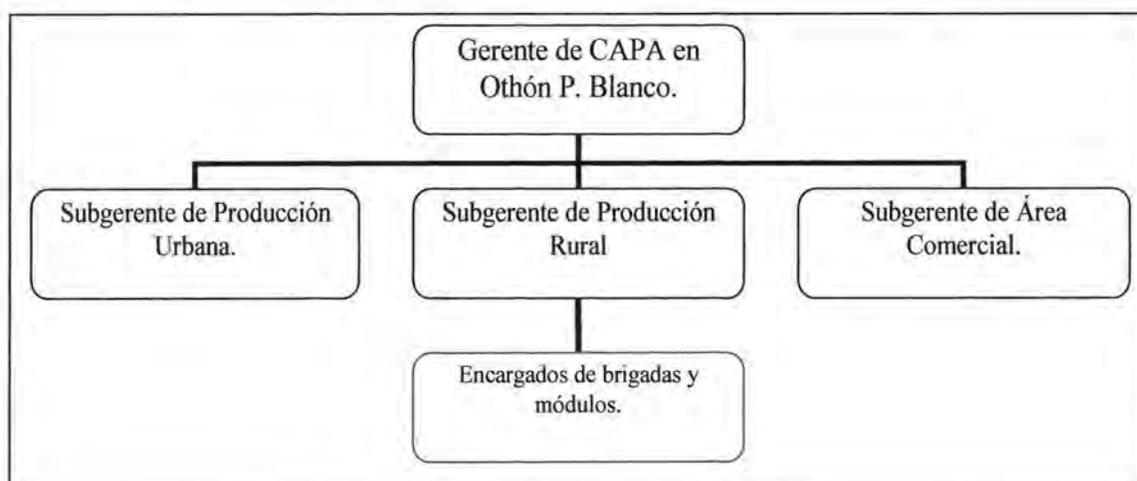


Figura.-1.2.1.- Organigrama del Sistema Operador de Othón P. Blanco

El objetivo de este organismo es suministrar agua potable a la ciudad de Chetumal y a las comunidades que conforman el Municipio. Para brindar un buen servicio, este organismo esta dividido en tres áreas, cada área está a cargo de un subgerente.

El área urbana es la encargada de suministrar de agua potable a la ciudad de Chetumal y a llevar a cabo el mantenimiento preventivo a los equipos y sistemas de bombeo de agua potable en la ciudad.

El área de producción rural, es el área en la que se concentra el siguiente trabajo y es la encargada de suministra el vital líquido a las comunidades que conforman el municipio de Othón P. Blanco.

Para poder realizar el trabajo, el área esta dividida en módulos, cada módulo cuenta con un encargado o responsable de la brigada que es la responsable de realizar el mantenimiento preventivo a los equipos y sistemas en las diferentes comunidades que conforman el módulo.

El área comercial es la encargada de realizar los contratos de las tomas de agua, de realizare los recibos de cobro y de imponer las diferentes multas.

#### **1.4 Sistema de Bombeo de Agua Potable.**

La figura 1.4.1 representa una instalación típica de bombeo destinada a elevar agua desde un pozo o depósito de aspiración hasta un depósito elevado:

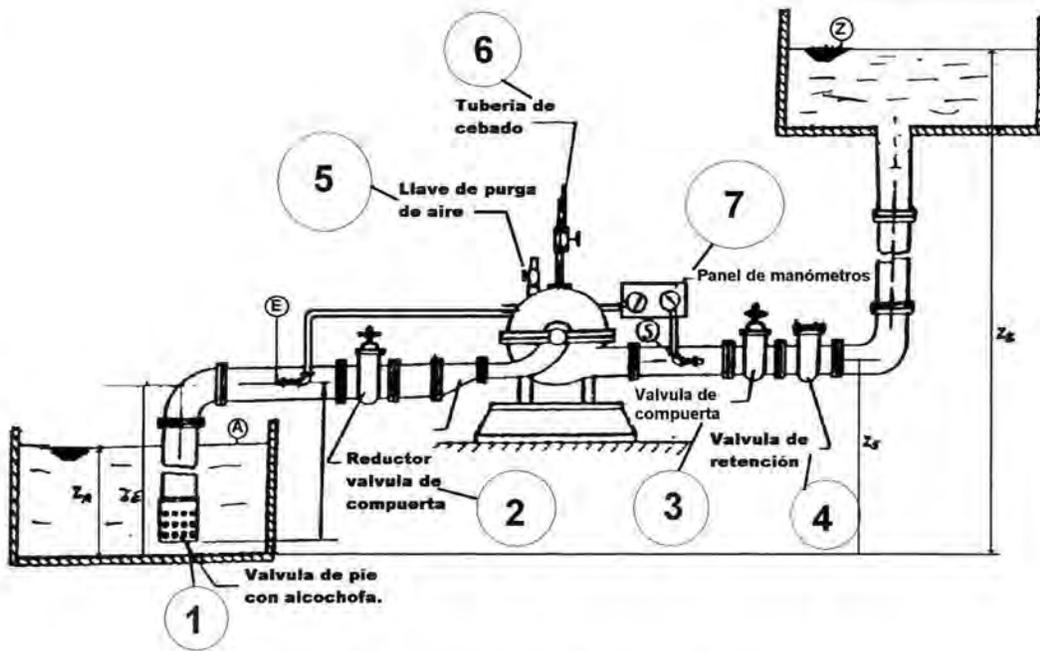


Figura 1.4.1. Sistema típico de bombeo de agua.

#### 1.4.1 Partes de la instalación.

A continuación se describen las partes de la instalación típica de bombeo de agua.

El colador y la válvula de retención vertical o "check" vertical, también llamada válvula de pie "más conocido en la región como *pichancha*" como se muestra en la figura 1.4.1 con el número (1). El primero evita la entrada de basuras como hierbas, hojas, pedazos de madera, que pueden obstruir la bomba y la segunda es necesaria para el cebado de la bomba. (Mataix, 1982)

Las dos válvulas de compuerta en la succión o aspiración y en la descarga o impulsión referenciadas en la figura con los números (2,3) respectivamente. A veces no se instala la primera, pero la segunda es necesaria para la regulación del caudal de la bomba. La válvula de succión siempre debe ser de compuerta y

estar completamente abierta cuando la bomba trabaje, es decir no se debe regular el flujo con la válvula de succión de una bomba, porque le causa un daño por cavitación. En la descarga se puede instalar una válvula tipo compuerta si todo el tiempo que la bomba trabaje no se requiere regular el gasto, pero si es necesario regular el gasto se deberá instalar una válvula de globo o de aguja en las que las pérdidas por el estrangulamiento son menores que en la de compuerta.

La válvula de retención en la descarga, o check de la descarga (4), impide el retroceso del fluido cuando la bomba se para. Es imprescindible si la tubería de descarga o repulsión es muy larga o se encuentra a gran presión.

Los manómetros instalados en la succión y en la descarga (7). El que se instala en la succión, puede ser un vacuómetro cuando la bomba aspira de un pozo como en la figura o manómetro cuando toma el agua de un tanque elevado o presurizado o bien un manovacómetro que ofrece lecturas negativas y positivas. En la descarga de la bomba se instala un manómetro. Estos elementos de medición son indispensables para saber si la bomba arranca y trabaja normalmente y para el control del proceso y deben ser recalibrados periódicamente. En ocasiones se instalan más manómetros en otros puntos del sistema de bombeo. Cuando la temperatura del líquido tiene alguna importancia en el proceso de bombeo es necesario instalar termómetros en algunos puntos del sistema.

Los accesorios diversos como codos, reducciones, bridas, etc, son necesarios por los cambios de dirección que se requieren en la tubería y por las necesidades de desmontaje para reparaciones o mantenimiento. Estos elementos se deben seleccionar para un sistema de bombeo, procurando que produzcan las menores pérdidas hidráulicas posibles, es decir los tramos de tubería deben ser lo más rectos posible, evitando vueltas innecesarias.

Es conveniente mencionar también que en el proyecto de un sistema de bombeo se debe tener especial cuidado en los soportes de las tuberías y de la bomba. Una condición importante es que la bomba nunca debe soportar el peso de las tuberías en sus bridas de succión y descarga, es decir las tuberías deben soportarse independientemente contra el piso por medio de soportes metálicos para evitar que la carga excesiva de una tubería pueda fracturar la carcasa de la bomba, que usualmente es de hierro colado

## 1.5 Subsistemas de un Sistema de Bombeo de Potable.

### 1.5.1 Subsistema eléctrico.

1.5.1.1 **Arrancador.** El arrancador se usa para llevar al motor a su velocidad normal y luego se retira del circuito. El aparato de control ajusta entonces la velocidad del motor según sea necesario. (Viloria 1994)

1.5.1.2 **Transformador.** Es un dispositivo que se encarga de cambiar la magnitud del voltaje de corriente alterna que tiene a su entrada

(voltaje primario) en otro diferente que entrega a su salida. (voltaje secundario). (Chapman, 1998)

1.5.1.3 **Motor.** Un motor es una máquina que produce un efecto, normalmente llamado trabajo, a raíz de una cierta alimentación. La alimentación puede ser una corriente eléctrica o por medio de un combustible.

## 1.5.2 Subsistemas mecánicos y de extracción.

1.5.2.1 **Pozo.-** Es la fuente de agua, puede ser artesanal que es la hecha a mano, generalmente es de poca profundidad (10-40m) y de un diámetro de aproximadamente 1.5 m. o pueden ser pozos profundos que a diferencia de los artesanales estos son perforados por una máquina y son mucho más profundos pues en algunas comunidades llegan a tener 180 m. En la mayoría de las comunidades los pozos son de tipo profundo. En algunas comunidades la fuente de agua es una laguna o un cenote. (CAPA 2004)

1.5.2.2 **Columna de bombeo.** Esta formada por una serie de tubos, y su función es llevar el agua hacia la superficie, principalmente. Las medidas de los segmentos de tubo varían de acuerdo a la profundidad del pozo y del gasto. (CAPA 2004)

1.5.2.3 **Bomba.** La bomba es una máquina hidráulica cuyo propósito es suministrar energía a un líquido para que éste se desplace a un punto predeterminado, al cual no podría llegar con su propia energía. (Mataix, 1982)

### 1.5.3 Subsistema de almacenamiento.

1.5.3.1 **Tanque elevado.** Es el medio de almacenamiento de agua con una altura aproximada de 15 m. La capacidad o el volumen del tanque de almacenamiento varía de acuerdo a las necesidades de la comunidad o al presupuesto destinado para su construcción. (CAPA 2004)

Además de almacenar el agua; el tanque elevado sirve también para ejercer la presión necesaria al agua, por medio de la diferencia de alturas, para que esta llegue hasta la toma del usuario.

1.5.3.2 **Cisterna.** La cisterna, al igual que el tanque elevado, sirve para almacenar agua con la diferencia que esta al ras del suelo. (CAPA 2004)

### 1.5.4 Subsistema de desinfectación.

1.5.4.1 **Cloración.** El cloro es uno de los desinfectantes más efectivos conocidos y es usado universalmente para la desinfección de los suministros públicos. La adición del cloro a una fuente pública es el

paso más importante en el proceso del tratamiento del agua. El agua es propiamente desinfectada, matando los organismos patógenos presentes en el agua para poder hacerla de consumo humano.

Para clorar el agua se utiliza un dispositivo llamado clorador que sirve para dosificar la cantidad de cloro que se le suministra al agua, permitiendo de esta forma que el agua no presente una cantidad excesiva de cloro.

## **1.6 Conceptos Básicos de Mantenimiento.**

Se parte de la definición de los conceptos básicos sobre mantenimiento, con la idea de introducir al lector en este trabajo, ya que es importante que tenga claro de que se trata un mantenimiento en general y como se divide para su estudio y comprensión.

### **1.6.1 Mantenimiento.**

Mantener es sinónimo de conservar, el mantenimiento consiste en planificar, ejecutar y controlar equipos de operaciones para garantizar su disponibilidad física, optimizando el uso de los recursos para hacer una gestión más productiva.

### **1.6.2 Tipos de mantenimiento.**

Los tipos de mantenimiento y algunas propiedades pueden agruparse bajo una variable o título. Una posible clasificación de mantenimiento es la de rutina, preventivo, programa, emergencia o correctivo y por contrato.

1.6.2.1 **Mantenimiento de rutina.** El mantenimiento de rutina, es básicamente un mantenimiento general, el cual requiere una mínima habilidad o poco entrenamiento. Actividades como cortar el pasto, rastrillar o barrer las hojas, en esta categoría se encuentra también actividades como limpiar la caseta de bombeo y el área de afluencia.

1.6.2.2 **Mantenimiento predictivo:** Es la aplicación de la tecnología en el proceso de detección temprana para verificar y detectar cambios de condiciones lo que permite intervenciones más oportunas y precisas.

El objetivo del mantenimiento predictivo es detectar condiciones del equipo sin pérdida de tiempo, reduciendo los paros del mantenimiento tradicional.

Monitorear y hacer seguimiento al comportamiento y tendencia del equipo detectado con problemas, para que este siga trabajando sin riesgo para la operación, el equipo y el personal y llevarlo a una reparación planeada.

Reducir los costos debido al uso máximo de los componentes que son diseñados para el desgaste y no a un cambio en una fecha determinada.

Mejorar la confiabilidad y disponibilidad del equipo.

1.6.2.3 **Mantenimiento preventivo:** Son actividades ejecutadas para prevenir y detectar condiciones que lleven a interrupciones de la producción, averías y deterioro acelerado del equipo, ejecutadas en un paro programado basado en un análisis cíclico.

La insuficiencia o el exceso de mantenimiento preventivo aplicado a los equipos tendrá consecuencias negativas que afectaran tanto la disponibilidad de los mismos como la confiabilidad en la operación, por lo anterior es de vital importancia determinar la frecuencia óptima de Mantenimiento a los equipos y evitar caer en un sub-mantenimiento o en un sobre-mantenimiento que en ambos casos reflejan altos costos y baja disponibilidad como se indica a continuación

Las acciones más comunes en el mantenimiento preventivo son: Inspección, engrasado, reparaciones menores o ajustes de equipos e instalaciones. El mantenimiento preventivo se realiza usando la información del fabricante, donde viene especificado cuando se requiere el mantenimiento preventivo, por ejemplo por las horas de servicio o por producto procesado. Para un buen mantenimiento preventivo se requiere del conocimiento electro-mecánico de los subsistemas, y sobre todo, organización del trabajo.

- **Características del Sub-Mantenimiento (Bajo mantenimiento)**

1. Bajo costo del Mantenimiento Preventivo.
2. Alto costo del Mantenimiento Correctivo.
3. Perdidas productivas por baja disponibilidad a causa de fallas en el equipo.
4. Alto costo por consumo e inventario de refacciones.

- **Características del Sobre-Mantenimiento (Exceso de Mantenimiento)**

1. Alto costo del Mantenimiento Preventivo
2. Bajo costo del Mantenimiento Correctivo
3. Perdidas productivas por baja disponibilidad debido al exceso de paros programados de mantenimiento al equipo.
4. Alto costo por consumo e inventario de refacciones.
5. Exceso de mano de obra dedicado al mantenimiento y el tiempo.

**1.6.3 Mantenimiento correctivo.-** A diferencia del mantenimiento preventivo el correctivo es un mantenimiento no programado que surge de repente ocasionando un problema en la producción y que tiene que ser resuelto de inmediato.

**1.6.4 Mantenimientos previstos o programados.-** Es una forma segura de mantenimiento, la cual requiere una planeación avanzada, requiere mucho tiempo para realizarse, equipo y herramienta especializada y un alto nivel de coordinación entre departamentos. El mantenimiento programado incluye piezas y equipo de repuesto para realizar cambios cuando así se requiera para una buena operación del equipo a un nivel

eficiente, también incluye actividades substanciales tal como remplazar el equipo por otro mejor o elementos del equipo.

El mantenimiento programado normalmente incluye, más que inspección, una simple limpieza, y engrasado hasta actividades primarias, reparaciones algo diferentes de un mantenimiento preventivo. En un mantenimiento programado en ocasiones se requiere de mejores piezas de equipos para cambiar aquellas que han trabajado por largo tiempo, pues en ocasiones resulta más costoso reparar las existentes.

## 1.7 Resumen del primer capítulo

**Localización del Municipio** El municipio de Othón P. Blanco se localiza en el sur del Estado de Quintana Roo, entre los 19° 14' y 70° 50' de latitud norte y los 87° 15' y 89° 25' de longitud oeste

**Sistema de CAPA en Q. Roo**

La Comisión de Agua Potable y Alcantarillado en Quintana Roo esta formado principalmente, por el secretario de esta comisión y los gerentes de cada Organismo Operado en cada uno de los municipios que conforman el Estado.

De acuerdo a la Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo los conceptos más importantes son los siguientes:

"Sistema de Agua Potable".- Conjunto de bienes y obras dedicados a extraer o captar agua que, después de un tratamiento que la haga apta para el consumo humano, se haga llegar a los domicilios de los usuarios por medio de redes de tubos de distribución.

"Comisión de Agua Potable y Alcantarillado".- Organismo estatal encargado de planear, construir, conservar, ampliar y en su caso operar, así como dictar las normas y procedimientos que han regir los sistemas y los servicios de agua potable y alcantarillado.

"Organismos Operadores".- Entidades encargadas de administrar, operar y conservar los servicios públicos de distribución y abastecimiento de agua potable y los de drenaje y alcantarillado de los centros de población.

**Sistema de CAPA en Othón P. Blanco**

El Organismo Operador del Municipio de Othón P. Blanco esta conformado principalmente por el gerente y subgerentes de cada área o departamento, principalmente el área de producción urbana, área de producción rural y el área comercial.

**Subsistemas de un sistema de bombeo**

- Subsistema eléctrico.
- Subsistemas mecánicos y de extracción
- Subsistema de almacenamiento.
- Subsistema de desinfectación

**Mantenimiento y Tipos de mantenimiento**

Mantener es sinónimo de conservar, el mantenimiento consiste en planificar, ejecutar y controlar equipos de operaciones para garantizar su disponibilidad física, optimizando el uso de los recursos para hacer una gestión más productiva.

Existen varios tipos de mantenimiento a saber:

- **Mantenimiento de rutina**
- **Mantenimiento Predictivo**
- **Mantenimiento Preventivo**
- **Mantenimiento correctivo**

## DEFINICIÓN DE CONCEPTOS Y CRITERIOS DE MANTENIMIENTO

### Introducción.

Una de las partes más importantes para hacer un buen programa de mantenimiento preventivo son los criterios que se aplican para realizarlo, en este capítulo se definen cada uno de los criterios de mantenimiento para cada equipo y subsistema, tales como el criterio de aplicación, tiempo de ejecución y las acciones complementarias.

## **2.1 Definición de conceptos utilizados.**

En la elaboración del programa se utilizaron algunos conceptos o términos, que a continuación se definen, para aclarar el significado de cada una de estos.

### **2.1.1 Brigada.**

Una brigada es un grupo de personas especializadas en un área específica, como son el área mecánica y área eléctrica, principalmente. Una brigada esta compuesta por un electromecánico, dos o más ayudantes y un responsable de la misma.

Actualmente se cuentan con cinco brigadas encargadas de realizar el mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos y subsistemas que conforman un sistema de bombeo de agua potable en las diferentes comunidades del municipio de Othón P. Blanco.

### **2.1.2 Módulo.**

Para este trabajo el término módulo se entenderá como un grupo de comunidades asignadas a una brigada que es la encargada de llevar a cabo el mantenimiento preventivo y correctivo a cada una de las comunidades que lo conforman.

### 2.1.3 Acciones.

El programa de mantenimiento preventivo esta dividido en: acciones generales y acciones específicas.

#### a) Acciones Generales.

Las acciones generales se refieren al mantenimiento que se da a los subsistemas pero de forma general, sin especificar que se va a hacer en particular. Por ejemplo "*Mantenimiento al Sistema Eléctrico*" es una acción general porque se refiere a todo el sistema y no a una parte en específico, sin embargo esta acción general esta conformada por acciones específicas.

#### b) Acciones Específicas.

Las acciones específicas se refieren a las acciones que se van a hacer de manera particular. Por ejemplo, el *Mantenimiento al Sistema Eléctrico* está dividido en acciones específicas como son "*tomar lecturas de voltaje, tomar lecturas de corriente, limpieza de las bobinas*", que son acciones específicas porque están haciendo referencia a la parte del sistema que va a recibir el mantenimiento.

En la *tabla 2.1.3.-1* podemos ver un ejemplo de ambas acciones. En el encabezado de la tabla se observa la acción general, que en este caso corresponde al sistema que va a recibir el mantenimiento preventivo. Esta acción se identifica con una letra, en este ejemplo con la letra **A** impresa en la esquina superior izquierda. Debajo de la acción general se relacionan las acciones específicas, estas se identifican con números en la primera columna.

El referirse a las acciones generales con letras y las acciones específicas con números nos ayuda a diferenciarlas unas de otras.

*Tabla 2.1.3.- 1.- Sistema eléctrico y sus acciones específicas.*

A	<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO AL SISTEMA ELECTRICO</b>
1	VERIFICAR, DESMONTAR Y APLICAR DIELECTROL A LA BOBINA DEL ARRANCADOR
2	DESMONTAR NUCLEO DE LA BOBINA, LIJAR Y LIMPIAR PLATINOS, APLICAR DIELECTROL
3	APLICAR DE FORMA GENERAL DIELECTROL AL EQUIPO DE PROTECCION Y CONTROL
4	RETIRAR TELARAÑAS, BASURA Y POLVO DE LOS EQUIPOS DE CONTROL Y PROTECCION
5	REAPRETAR TORNILLERIA DE CONEXIONES DE LOS EQUIPOS DE PROTECCION Y CONTROL
6	TOMAR LECTURAS DE VOLTAJE EN VACIO
7	VERIFICAR CORRECTA OPERACIÓN DEL ARRANCADOR EN VACIO
8	RECORTAR OUNTAS RECALENTADAS Y CONECATAR CONDUCTORES DE ALIMENTACION AL EQUIPO

## 2.2 Descripción de los sistemas y equipos de la zona de influencia.

### 2.2.1 Sistema eléctrico.

El sistema eléctrico está formado básicamente por el arrancador y las conexiones eléctricas del motor de la bomba.

### 2.2.2 Subestación.

Es una instalación empleada para la transformación del voltaje de la energía eléctrica, de la línea de transmisión a la requerida por los equipos electromecánicos.



Fig. 2.2.2.1.- transformador

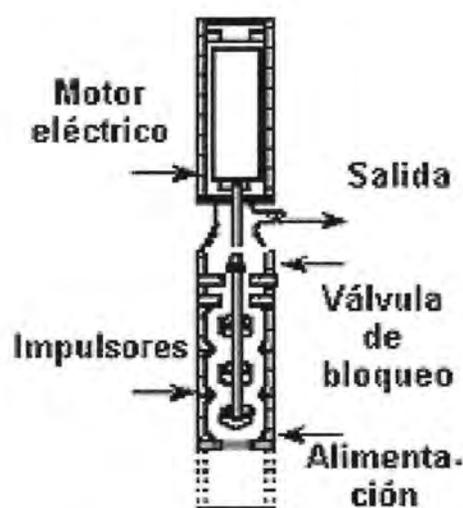
Las partes más importantes en la subestación que reciben el mantenimiento son el transformador y sus dispositivos de protección, como cuchillas.

### 2.2.3 Bombas Verticales.

En este tipo de sistemas las bombas se instalan dentro del pozo y el motor eléctrico de accionamiento se instala fuera del pozo, pudiendo tener el eje varios metros de longitud, con apoyos de trazo en trazo en cojinetes intermedios *fig. 2.3.2.1(a y b)* (Mataix 1982).



*Fig. 2.3.2.-1a- Bomba Vertical*



*Fig. 2.3.2.-1b Sección de bomba de turbina vertical*

En algunas bombas se utilizan motores horizontales por lo que se requiere de un cabezal de engranes para convertir el giro horizontal a giro vertical. *Figura 2.3.2.-2.*



*Fig. 2.3.2.-2.- cabezal de engranes*

#### **2.2.4 Bombas sumergibles.**

Estas bombas tanto el motor eléctrico (parte inferior) como la bomba (parte superior) se instalan totalmente sumergidos en un pozo que puede tener una sección transversal muy pequeña, con considerable ahorro de obra civil. Ver *figura 2.3.3.-1* y *figura 2.3.3.2*



*Figura 2.2.3.-1.- Bomba sumergible*

Estas bombas, al igual que las verticales, pueden ser de varios pasos o escalonamientos.

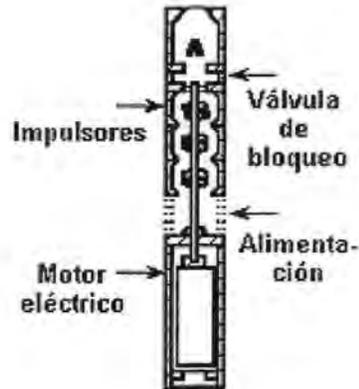


Figura 2.3.3.2 *Instalación sumergible típica.*

Los impulsores son de diversos materiales, principalmente de acero o de bronce. Estas bombas pueden instalarse en otras fuentes de agua para bombear hacia tanques elevados, subterráneos ó hacia la red de abastecimiento en conjunto con tanques Hidroneumáticos. Existen modelos desde  $\frac{1}{2}$  hp a 200 hp con caudales y alturas de descarga de hasta 1,000 gal/min y 1,000 ft. Motor eléctrico monofásico o trifásico desde  $\frac{1}{2}$  hp a 200 hp.

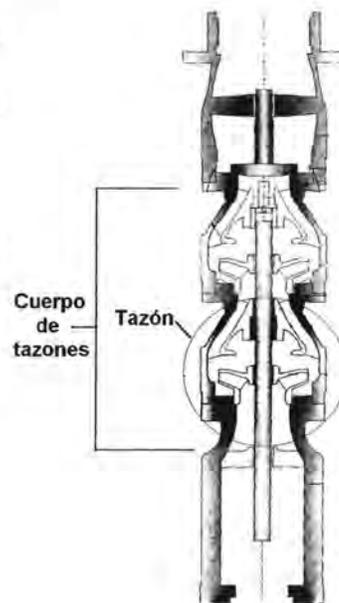
### 2.2.5 Cuerpo de Tazones.

El cuerpo de tazones, *figura 2.2.4.1*, es la parte más importante de la bomba.

Una bomba puede tener más de dos tazones. Dependiendo del número de tazones que tenga una bomba será el número de pasos de bombeo de agua que

tenga, es decir que si una bomba tiene cinco tazones, esta será una bomba de cinco pasos o cinco etapas.

El tazón es la cavidad donde se aloja el impulsor. El impulsor es el encargado de extraer e impulsar el agua hacia fuera del pozo



*Fig. 2.2.4.-1.- cuerpo de tazones*

### **2.2.6 Bombas de combustión interna.**

Se llaman así debido a que el motor que hace girar la flecha trabaja a base de gasolina o diesel. La bomba utilizada generalmente es de tipo vertical.

### **2.2.7 Sistema de Cloración.**

Un hipoclorador es una bomba dosificadora de químicos que alimenta una solución de hipoclorito de calcio al sistema. La solución es una concentración conocida y la dosificación es ajustada para lograr la dosis deseada.

Un clorador de solución mezcla el cloro líquido de un cilindro con el agua, y entonces alimenta la solución al agua a tratar. Este es el mejor método de aplicación porque es el método de aplicación mas preciso y el mas barato.



**Bomba Controladores. Accesorios**

Figura 2.2.7.1 Sistema de cloración

### 2.2.8 Columna de bombeo.

Es el conjunto de tubos acoplados que sirven para extraer el agua del pozo.

(Figura 2.2.8).

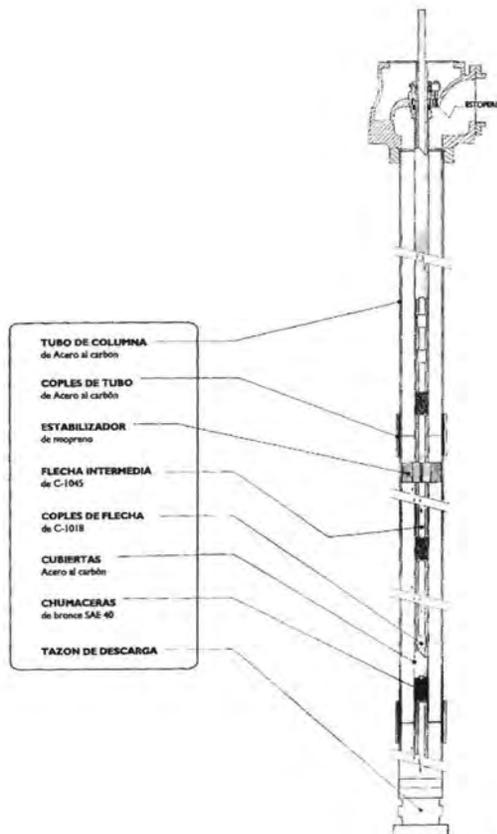


Fig. 2.2.8-. Columna de bombeo.

### 2.2.9 Tanque elevado y cisterna.

El tanque elevado es el medio de almacenamiento que sirve para suministrar agua a las casas por medio de diferencia de presiones, es decir que no requiere de una bomba para proporcionarle presión al agua. La cisterna es el medio de almacenamiento de agua de poca altura, en la mayoría de los casos más grande que el tanque elevado.



### 2.3 Criterios de mantenimiento.

El criterio de mantenimiento se refiere bajo que condiciones se aplicará el mantenimiento preventivo a los equipos descritos anteriormente. Por ejemplo, cada cuanto tiempo debe transcurrir de un mantenimiento a otro.

De acuerdo a estos criterios de mantenimiento se programa el mantenimiento preventivo. Las acciones realizadas se asentarán en un carnet de servicio.

El carnet de servicio esta dividido en las acciones generales y esta su vez están divididas en las acciones específicas como se verá en el capítulo 4.

Los criterios de mantenimiento que a continuación se describen se basaron en los manuales de operación de cada equipo y de la experiencia que se ha adquirido en la operación de los equipos y sistemas.

### **2.3.1 Mantenimiento preventivo al sistema eléctrico**

**Criterio de aplicación:** El número de pulsaciones que se ejercen en la estación de botones de arranque y paro del motor son por lo menos 2 veces al día, mediante lo cual se generan las corrientes que van deteriorando los elementos que componen a los equipos de protección, control y señal como son los platinos de los contactores, las vibraciones aflojan las conexiones, se empolvan los elementos, bobinas del arrancador.

**Acciones complementarias:** Registrar las acciones realizadas en un carnet de servicio para programación de próximos mantenimientos. La revisión del sistema eléctrico será efectuará durante cada visita del personal a la comunidad y se aplicará el mantenimiento en caso de requerirse.

**Periodo de Ejecución:** con base al manual de operación y las condiciones climáticas que imperan en la región, se estableció que el mantenimiento a los arrancadores y sistema eléctrico en general, deberá aplicarse una revisión **cada dos meses** en ambiente normal y cada mes en ambiente salino.

### **2.3.2 Mantenimiento preventivo mayor a motores y bombas verticales.**

**Criterio de aplicación:** La operación normal de los motores ocasiona desgaste de las partes en movimiento y principalmente de los baleros y bujes. Es necesario revisar las condiciones de estos elementos en un determinado periodo y sustituirlos en caso de requerirse de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes. Así mismo se requiere revisar las conexiones de los conductores, pintura, parámetros eléctricos, resistencia de los devanados de acuerdo a al carnet de servicio.

**Periodo de ejecución:** el mantenimiento preventivo mayor se realizará **a cada 1000 horas de servicio** del motor vertical u horizontal y de la bomba. Será ingresado tanto el motor como la bomba al taller de mantenimiento electromecánico para que se lleve a cabo un servicio general consistente en sustitución de baleros, pruebas de aislamiento de devanados, secado de devanados, reforzamiento del barniz aislante, sustitución de conexiones, y pintura de carcasa.

**Acciones complementarias:** Registrar las acciones realizadas en un carnet de servicio para programación de próximos mantenimientos. La revisión de las condiciones del motor eléctrico será efectuada durante cada visita del personal a la comunidad y se aplicará el mantenimiento en caso de requerirse.

### **2.3.3 Mantenimiento preventivo menor a motores y bombas verticales**

#### **Criterio de aplicación:**

Con la finalidad de preservar la vida útil de los baleros de los motores verticales y horizontales, y garantizar una operación eficiente; es necesario engrasarlos en periodos que se consideran recomendables para el logro de este fin. Así mismo se requiere revisar las condiciones de las conexiones, parámetros eléctricos, bujes. Para atender estas necesidades de un mantenimiento menor que será ejecutado en campo por el personal operativo sin que el equipo ingrese al taller para su atención.

**Periodo de ejecución:** de acuerdo a la experiencia en el manejo del equipo se estableció que se debe aplicar grasa a los baleros a cada 100 horas de servicio así mismo revisar todas las conexiones eléctricas, tomar valores de parámetros eléctricos voltajes, amperajes, dentro de un programa establecido de mantenimiento preventivo menor cuyas acciones serán ejecutadas en campo.

**Acciones complementarias:** Registrar las acciones realizadas en un carnet de servicio para programación de próximos mantenimientos. La revisión de las condiciones del motor eléctrico será efectuada durante cada visita del personal a la comunidad y se aplicará el mantenimiento en caso de requerirse.

### **2.3.4 Mantenimiento preventivo a subestación eléctrica.**

#### **Criterio de aplicación:**

El mantenimiento preventivo a los transformadores de distribución es necesario para garantizar la continuidad del servicio, requiriendo principalmente del filtrado de aceite, sustitución de juntas, pintura del tanque del transformador, así mismo de la sustitución de apartarrayos y cortacircuitos en mal estado cuando así se requiera, prueba de aislamiento del sistema de tierras y verificación de una las conexiones de los bajantes de tierra a los electrodos para garantizar la protección del transformador y equipo eléctrico en general.

**Periodo de ejecución:** considerando la información de los manuales de operación y de la experiencia en la operación de estos equipos, se estableció que se debe aplicar un mantenimiento preventivo a cada transformador, el cual deberá efectuarse **cada año**, la revisión de las condiciones de los apartarrayos y cortacircuitos fusible será **cada mes**, la prueba de aislamiento de los devanados y verificación de las conexiones de los bajantes de tierra será **cada dos meses**.

**Acciones complementarias:** Registrar las acciones realizadas en un carnet de servicio para programación de próximos mantenimientos.

### **2.3.5 Mantenimiento preventivo a los sistemas de cloración.**

#### **Criterio de aplicación:**

Mensualmente se entrega la dotación de cloro a cada comunidad, se toma la lectura de los medidores de CFE y gasto. Así mismo se lleva a cabo el

mantenimiento a cada sistema de cloración con la finalidad de garantizar una cloración adecuada del agua que se suministra a los habitantes de cada comunidad.

**Periodo de ejecución:** El mantenimiento a los sistemas de cloración se aplica cada mes, de acuerdo al carnet de servicio, periodo que corresponde a otras actividades y se efectúa una sola vez al mes debido a que no es posible trasladarse dos o mas veces a la misma comunidad por la distancia que existe entre ellas y la base de operaciones.

**Acciones complementarias:** Registrar las acciones realizadas en un carnet de servicio para programación de próximos mantenimientos. Se lleva a cabo el mantenimiento durante cada visita de la brigada a la comunidad.

### **2.3.6 Mantenimiento preventivo al tren de descarga.**

#### **Criterios de aplicación.**

Un aspecto muy importante a considerar es la imagen del lugar, el cual consiste en revisar el tren de descarga, pintar el tren de descarga y las válvulas, pintar caseta de bombeo y murete de medición.

**Periodo de ejecución:** El mantenimiento preventivo al tren de descarga se realiza por lo menos una vez al año, además de otras actividades de acuerdo al carnet de servicio

**Acciones complementarias:** Registrar las acciones realizadas en un carnet de servicio para programación de próximos mantenimientos. Además del mantenimiento programado también hace una revisión del sistema cada vez que la brigada visita la comunidad.

### **2.3.7 Mantenimiento preventivo a motores y bombas sumergibles.**

#### **Criterio de aplicación.**

El mantenimiento preventivo al equipo de bombeo sumergible es necesario para mantenerlo en buen estado y de esta forma garantizar su eficiencia y vida útil tanto del motor como el de la bomba.

Entre las acciones a realizar esta extraer el equipo, desarmar la bomba, revisar los impulsores, flecha motriz y demás partes que componen al equipo.

#### **Periodo de ejecución.**

El mantenimiento preventivo se realizará cada 2500 horas de uso o una vez al año.

Por las condiciones del ambiente en que opera el equipo en ocasiones habrá que hacerle el mantenimiento antes de que llegue a las 2500 horas de operación o cuando, de acuerdo a las horas de uso diario el mantenimiento rebasa los 12 meses.

**Acciones complementarias.**

Registrar las acciones realizadas en el carnet de servicio para programar los próximos mantenimientos. Además del mantenimiento programado se hará una revisión del equipo cada vez que la brigada visite la comunidad.

**2.3.8 Mantenimiento preventivo a la columna de bombeo.**

**Criterio de aplicación.**

El mantenimiento a la columna de bombeo es muy importante ya que es para el bombeo de agua potable, este debe estar limpio y en buenas condiciones y para que, entre otras cosas, evitar la fuga de agua.

Entre las acciones a realizar está revisar y cambiar tubería en mal estado, revisar y cambiar bujes en mal estado, revisar cuerdas de las tuberías principalmente.

**Periodo de ejecución.**

El mantenimiento preventivo a la columna de bombeo se realizará cada año.

**Acciones suplementarias.** Registrar las acciones en el carnet de servicio para programar los siguientes mantenimientos. Cada vez que la brigada visite la comunidad realizará un revisión a la columna para verificar que este en buen estado.

### **2.3.9 Mantenimiento preventivo al tanque elevado y cisterna.**

#### **Criterios de aplicación.**

El tanque elevado y la cisterna por ser el medio de almacenamiento del líquido, estos deben permanecer limpios siempre, libres de basura u otra sustancia que contamine el agua, pues en algunas comunidades se utiliza para beber.

El mantenimiento del tanque elevado y la cisterna consiste en lavar el tanque y la cisterna, pintar escaleras, verificar que las tapas de acceso estén en buen estado.

#### **Periodo de ejecución.**

El lavado del tanque elevado y la cisterna se hará cada seis meses en condiciones normales, sin embargo hay ocasiones que el agua que se bombea tiene lodo o por descuido se ahogo un pájaro u otro animal, este tipo de hechos obliga a un lavado antes de la fecha programada.

En el caso del pintado el tanque y las escaleras se hará cada año.

**Acciones suplementarias.** Registrar las acciones en el carnet de servicio para programar los siguientes mantenimientos. Revisar el tanque y la cisterna cada vez que la brigada visite la comunidad.

### **2.3.10 Mantenimiento preventivo al área de pozo y tanque.**

#### **Criterios de aplicación.**

El área de pozo y tanque debe permanecer limpia, libre de hierba y escombros, pues forma parte de la imagen del lugar, además que permite realizar el mantenimiento de los equipos.

Las acciones que se realizan son limpiar el área de pozo y tanque retirando la hierba, escombros, plásticos, limpiar la caseta de bombeo etc.

#### **Periodo de ejecución.**

El mantenimiento para el área de pozo y tanque se realizará cada dos meses, o cuando se requiera, pues en temporadas de sequía hay partes donde no crece la hierba. En temporadas de lluvia; en ocasiones; es necesario cortar la hierba cada mes.

**Acciones suplementarias.** Registrar las acciones en el carnet de servicio para programar los siguientes mantenimientos. Se revisará el lugar cada vez que la brigada visite la comunidad.

La información de los criterios de mantenimiento se tomó de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Sistema Operador Othon P. Blanco.

## 2.4 Resumen del segundo capítulo

<b>Brigada</b>	Grupo de personas especializadas en un área específica,
<b>Módulo</b>	Grupo de comunidades asignadas a una brigada.
<b>Acciones Generales</b>	Se refieren al mantenimiento global, conformadas por las acciones específicas.
<b>Acciones Específicas.</b>	Se refieren a las acciones en particular, indican a que parte del sistema se le brindara el mantenimiento.
<b>Sistema Eléctrico</b>	El sistema eléctrico esta formado por el arrancador y las conexiones eléctricas del motor de la bomba
<b>Subestación</b>	Es una instalación empleada para la transformación del voltaje de la corriente eléctrica.
<b>Tipos de Bombas.</b>	
• <b>Vertical.</b>	El motor eléctrico de accionamiento se instala fuera del pozo, pudiendo tener el eje varios metros de longitud, con apoyos de trecho en trecho en cojinetes intermedios
• <b>Horizontal.</b>	La flecha que une el motor a la bomba esta horizontalmente.
• <b>Sumergible.</b>	Estas bombas tanto el motor como la bomba se instalan totalmente sumergidos en un pozo que puede tener una sección transversal muy pequeña, con considerable ahorro de obra civil.
• <b>Combustión Interna</b>	Se llaman así debido a que el motor que hace girar la flecha trabaja a base de gasolina o diesel
<b>Cuerpo de Tazones</b>	Es el conjunto de tazones. El tazón es la cavidad donde se aloja el impulsor que es el encargado de expulsar el agua hasta la superficie.
<b>Sistema de Cloración</b>	Es una bomba dosificadora de químicos que alimenta una solución de de hipoclorito de calcio al sistema.
<b>Columna de Bombeo.</b>	Es el conjunto de tubos, acoplados, que sirven para extraer el agua.

<b>Sistema de Almacenamiento.</b>	Es el depósito donde se almacena el agua. Puede ser un tanque elevado a una cisterna.
<b>Criterios de Mantenimiento.</b>	Son los utilizados para determinar el tiempo en que se debe dar el mantenimiento preventivo a los equipos y subsistemas.
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Sistema Eléctrico</b></li></ul>	El sistema eléctrico recibe mantenimiento cada 2 meses.
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Subestación</b></li></ul>	En la subestación el transformador recibe mantenimiento cada 12 meses.
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Equipo Vertical y Horizontal</b></li></ul>	El equipo Vertical y Horizontal recibe mantenimiento preventivo menor y mantenimiento mayor.  El mantenimiento menor se realiza por cada 100 horas de operación y el mantenimiento preventivo mayor se realiza por cada 1000 horas de operación.
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Equipo Sumergible</b></li></ul>	El equipo sumergible recibe mantenimiento preventivo por cada 2500 horas de operación.
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Equipo de Combustión Interna.</b></li></ul>	El equipo de combustión Interna se le da mantenimiento preventivo cada 100 horas de operación.
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Sistema de Cloración</b></li></ul>	El sistema de cloración recibe mantenimiento preventivo cada mes.
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Tanque Elevado</b></li></ul>	El tanque elevado recibe mantenimiento cada 6 meses.
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Área de Pozo y Caseta de Bombeo.</b></li></ul>	El área de pozo de limpia cada 2 meses en temporada de sequía y en temporada de lluvia cada mes.

## RECOLECCIÓN DE DATOS

### INTRODUCCIÓN.

La información, los datos y características de los equipos es la base fundamental para la elaboración de un programa de mantenimiento preventivo. La falta de información hace imposible elaborar el programa de mantenimiento. Con base a ello se parte para determinar las fechas de ejecución del mantenimiento de los equipos.

La situación actual de los periodos de ejecución del mantenimiento se realiza cuando el encargado o jefe lo considera necesario, sin embargo esto no es confiable pues se puede caer en dos errores. El primer error es que el jefe ordene que se realice el mantenimiento preventivo al sistema después de la fecha que debe ser. Esto trae como consecuencia el bajo rendimiento del equipo o algo peor que deje de operar.

En segundo error es que se aplique mayor número de veces de lo requerido en un lapso de tiempo muy corto, lo que trae como consecuencia el aumento de los costos de mantenimiento y de operación del equipo.

### **3.1 Recolección de datos.**

Para elaborar un programa de mantenimiento preventivo práctico y eficiente, es muy importante tener la información necesaria de los equipos que se les brindará el servicio, pues de esto depende de que el programa propuesto cumpla su objetivo.

Para recopilar la información se investigó y registró los datos de los equipos. Este trabajo consistió en la revisión de los archivos de cada una de las comunidades para determinar cuantos equipos existen, la marca del equipo, la potencia, el tipo de bomba y la fecha en la que se aplicó el último mantenimiento preventivo o correctivo, en algunas comunidades el equipo o subsistema es reciente y no se le ha dado mantenimiento, en este caso se registra la fecha en que empezó a operar.

También se registraron las características del equipo eléctrico como es el arrancador el cual es un componente importante para la operación del equipo de bombeo así como las características de los transformadores.

Entre las características principales de los arrancadores esta la placa de datos del fabricante, su potencia de operación y voltaje. Para los transformadores se consideró el voltaje de entrada, el voltaje de salida, y los kVA (Kilo Volts Amper).

Para el arrancador y el transformador se registró la última fecha en que se les realizó el último mantenimiento.

En lo que respecta al tanque elevado y a la columna de bombeo también se anotaron sus características. Para el tanque elevado el dato más importante es la antigüedad, tipo de material con que está construido, características del agua que contiene capacidad o el volumen de almacenamiento.

Para la columna de bombeo se registraron la longitud y el diámetro. En cada uno se registró la última fecha en la que se les dio mantenimiento preventivo o correctivo.

### **3.2 Datos de las bombas por comunidad y tipo**

A continuación se presenta la información recopilada y registrada en hojas de cálculo EXCEL.

Para tener una relación ordenada de los equipos se dividió la relación de acuerdo al tipo de bomba, (vertical, horizontal, de combustión interna y las bombas sumergibles), y por comunidad.

#### **3.2.1 Equipo de tipo vertical.**

En la tabla 3.2.1.1 se muestra las características de cada una de las bombas de tipo vertical. Las características más importantes que se consideraron son, la

comunidad en donde esta instalado, la marca del equipo, la potencia, el diámetro del tren de descarga, las horas de operación del equipo por día y el tiempo que debe transcurrir entre cada mantenimiento.

**Tabla 3.2.1.1 Relación de las bombas verticales y sus características.**

CARACTERISTICAS DE BOMBAS VERTICALES.					
COMUNIDAD	MARCA	H.P	DESCARGA EN PULG.	HORAS DE BOMBEO X DÍA	Programación de Mto (Meses)
ANDRES Q. ROO	U.S DE MEXICO	15	3	6	6
BLANCA FLOR	U.S DE MEXICO	10	3	6	6
DIVORCIADOS (440)	SIEMENS	15	3	6.5	5
MANUEL AVILA CAMACHO	SIEMENS	15	3	8	4
MARGARITA MAZA.	SIEMENS	15	4	6	6
ITURBIDE	SIEMENS	15	3	4	8
NUEVO JERUSALEM	U.S DE MEXICO	10	3	4	8
SAN FERNADO	SIEMENS	15	3	5	7
SABIDOS	U.S DE MEXICO	30	4	9	4
BACALAR CARCAMO		15	6	3	11
MAHAHUAL 1	U.S DE MEXICO	25	—	6	6
MAHAHUAL 2	U.S DE MEXICO	25		6	6
TOMAS GARRIDO	SIEMENS	15	4	3	11
DOS AGUADAS 1	SIEMENS	50		12	3
DOS AGUADAS 2	SIEMENS	50	—————	—————	—————
GUILLERMO PRIETO	US ELECTRICAL MOTORS	20	3	2	16
BLASILLOS	US ELECTRICAL MOTORS	20	3	2	16
FELIPE ANGELES	IEM	5	3	2	16
HERMENEGILDO GALEANA	SIEMENS	5	3	2	16
CALIFORNIA	SIEMENS		3	2	16

De acuerdo a los datos obtenidos hay veinte comunidades que cuentan con equipo de tipo vertical y las marcas más utilizadas son U.S DE MEXICO y SIEMENS.

**CARACTERÍSTICAS DE BOMBAS DE COMBUSTIÓN INTERNA.**

*Tabla 3.2.2.1- Relación de las bombas de combustión interna*

COMUNIDAD	MARCA	SERIE	CAPCIDAD EN HP	LTS.ACEITE MOTOR	LTS ACEITE CABEZAL	FILTRO DE ACEITE	FILTRO DE COMBUSTIBLE	FILTRO DE AIRE	HORAS DE OPRACIÓN.
NVO. HOCTUN	LISTER T-R-1	TRIA CZ MX3900050	15	3	1.5	MFL-793	DE CARTUCHO	SIN N°	1 H X C/3 DIAS
MAHAHUAL	CUMMINS	46137058	123	19		LF39-49	FS1280 J286503	FLEEGUARD A.H 1107	3 H/DIA
XCALAK	PETER LISTER	4800993-TB3A001		8	1.5	LTH 38	HDF 246 LUCAS 296	SIN N°	4 H/DIA
XCALAK	PETER LISTER	4800019-TX193A01		8	1.5	LTH 38	SIN N°	SIN N°	1 H/DÍA
FCO. VILLA NCP	LISTER PETER	4800183 TR3A001	SIN N°	8	1.5	ATSA 2825	SIN N°	SIN N°	1.5 H/DÍA
EL GALLITO	LISTER DIESEL	740HRH-A25	59 B5649	19	8	LUCAS 296	DE CARTUCHO	SIN N°	1/2 H/DÍA
CAANAN	LISTER PETER	48010712 TR3A001		8	1.5	ATSA 2825	SIN N°	SIN N°	1 H/DÍA
NVO. TABASCO	MOTOR H2-2		35	8	1.5	DE CARTUCHO	LUCAS 296	NO TIENE	45 MIN/DÍA

### **3.2.2 Equipos de combustión interna.**

Existen pocas comunidades con equipo de bombeo de combustión interna, en su mayoría porque no cuentan con el servicio de energía eléctrica o esta muy alejada de la red de la C.F.E (Comisión Federal de Electricidad). De acuerdo a los datos recabados solo ocho comunidades tienen este tipo de sistema de bombeo. En la tabla 3.2.2.1 se muestran estas comunidades y las características de los equipos.

Entre las características más importantes de los equipos de bombeo de combustión interna se consideró la marca, número de serie, cantidad de aceite para el motor y el cabezal, los filtros del aceite, filtros de combustible y filtro de aire, y las horas que opera el equipo por día.

### **3.2.3 Equipos sumergibles.**

Los equipos sumergibles son los más utilizados actualmente para el bombeo de agua ya que se requiere de menos obra civil para su instalación.

Como podemos ver en la tabla 3.2.3.1 la mayoría de los equipos de bombeo son sumergibles.

**CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS SUMERGIBLES**

COMUNIDAD	EQ	H.P	MARCA	GASTO	COLUMNA	HORAS DE USO POR DÍA	Programa de Mto. (Meses)
LA UNION	ES	10	US DE MEXICO	10 LPS	3"X33M	12	7.0
CALDERON	E.S	15	SIEMENS	7 LPS	3"X84M	10	8.0
ROVIROSA	E.S	25	SEIMENS	16 LPS	4"X48M	6	14.0
BOTES	E.S	7.5	US DE MEXICO	5 LPS	3"X60M	9	9.0
COCOYOL	E.S	15	---	10 LPS	4"X48M	9	9.0
CACAO	E.S	25	GROUNFUS	15 LPS	4"X43M	10	8.0
PUCTE							
ALVARO OBREGÓN VIEJO	E.S	7.5	GROUNFUS	6 LPS	3"X80M	8	10.0
PEDRO JOAQUIN C.	E.S	30	GROUNFUS	15 LPS	3"X48M	10	8.0
ALLENDE	E.S	15	GROUNFUS	9 LPS	3"X20M	7	12.0
PALMAR	E.S	25	SIEMENS	14 LPS	4"X52M	9	9.0
VILLAFLORES	E.S	20	GROUNFUS	15 LPS	4"X21M	8	10.0
RAMONAL	E.S	15	GROUNFUS	9 LPS	3"X40M	8	10.0
SAC XAN	E.S	10	SIEMENS	9 LPS	3"X21M	6	14.0
BACALAR POZO 2	E.S	50	SIEMENS	30 LPS	6"X33M	10	8.0
BACALAR POZO 4	E.S	50	GROUNFUS	41 LPS	6"X48M	9	9.0
SERGIO BUTRON CASAS			GROUNFUS				
CARLOS A MADRAZO	E.S	20	US DE MEXICO	15 LPS	4"X21M	12	7.0
UCUM	E.S	30	GROUNFUS	16 LPS	3"X27M	9	9.0
REVOLUCIÓN							
LAGUNA GUERRERO							
URSULO GALVAN							
(RAUDALES)							
MIGUEL ALEMAN	E.S	25	SIEMENS	10 LPS	3"X84M	6	14.0
RIO VERDE	E.S	20	GROUNFUS	9 LPS	4"X58M	7	12.0
MELCHOR OCAMPO	E.S	10	GROUNFUS	7 LPS	4"X48M	9	9.0
OTILIO MONTAÑO	E.S	20	SIEMENS	10 LPS	3"X84M	8	10.0
18 DE MARZO	E.S	15	GROUNFUS	10 LPS	4"X62M	6	14.0
ZAMORA	E.S	7.5	GROUNFUS	5 LPS	3"X78M	8	10.0
JESUS MARTINEZ ROSS	E.S	10	GROUNFUS	5 LPS	3"X70M	7	12.0
SINAI	E.S	15	GROUNFUS	7 LPS	3"X84M	8	10.0
CEDRALITO	E.S	15	SIEMENS	7 LPS	3"X84M	6	14.0
TIERRA NEGRA	E.S	10	SIEMENS	5 LPS	3"X78M	6	14.0
DAVID GUSTAVO	E.S	7.5	GROUNFUS	7 LPS	3"X35M	5	17.0
ALTOS DE SEVILLA	E.S	10	GROUNFUS	5 LPS	3"X60M	8	10.0
BUENA ESPERANZA	E.S	10	GROUNFUS	5 LPS	3"X80M	7	12.0
PARAISO	E.S	10	SIEMENS	7 LPS	4"X36M	6	14.0
GAVINO VAZQUEZ	E.S	10	GROUNFUS	5 LPS	3"X70M	8	10.0
FCO. J. MUJICA	E.S	15	SIEMENS	5 LPS	3"X80M	9	9.0
LIBERTAD	E.S	15	SIEMENS	11 LPS	3"X111	6	14.0
SAN PEDRO PERALTA	E.S	50	GROUNFUS	16 LPS	4"X130M	8	10.0
MOROCOY	E.S	30	GROUNFUS	14 LPS	3"X66M	9	9.0
GONZALES ORTEGA							0.0
NACHICOCOM	E.S	10	GROUNFUS.	10 LPS	3"X40M	7	12.0

5 DE MAYO							
NUEVO CANAAN							
NICOLAS BRAVO POZO 1	E.S	40	GROUNFUS	14 LPS	4"X111M	8	10.0
NICOLAS BRAVO POZO 2	E.S	25	SIEMENS	12 LPS	3"X111M	10	8.0
FCO. VILLA KM. 60	E.S	20	GROUNFUS	16 LPS	3"X80M	9	9.0
SAN ROMAN	E.S	10	GROUNFUS	5 LPS	3"X78M	6	14.0
RIO ESCONDIDO	E.S	15	GROUNFUS	10 LPS	3"X54M	5	17.0
HUATUSCO	E.S	20	SIEMENS	15 LPS	4"X54M	6	14.0
MAYA BALAM	E.S	20	SIEMENS	10 LPS	4"X30M	5	17.0
SAN ISIDRO LA LAGUNA	E.S	20	GROUFUS	15 LPS	3"X42M	6	14.0
CANNLUMIL	E.S	5	US DE MEXICO	5 LPS	3"X21M	7	12.0
MIGUEL HIDALGO	E.S	10	GROUNFUS	10 LPS	3"X21M	6	14.0
BUENA VISTA	E.S	7.5	GORUNFUS	7 LPS	3"X15M	8	10.0
PEDRO A. SANTOS	E.S	10	GROUNFUS	10 LPS	3"X15M	6	14.0
LIMONES	E.S	15	SIEMENS	10 LPS	3"X15M	7	12.0
CHACCHOBEN	E.S	10	SIEMENS	10 LPS	3"X15M	9	9.0
LAZARO CARDENAS UA	E.S	10	GORUNFUS	10 LPS	4"X15M	9	9.0
VALLEHERMOSO	E.S	15	GORUNFUS	10 LPS	4"X27M	10	8.0
LA PANTERA	E.S	15	GROUNFUS	10 LPS	3"X27M	6	14.0
PROGRESO	E.S	10	SIEMENS	10 LPS	3"X30M	6	14.0
GUADALUPE VICTORIA	E.S	10	GROUNFUS	7 LPS	3"X27M	5	17.0
BUENA FE	E.S	7.5	GROUNFUS	7 LPS	3"X36M	6	14.0
REFORMA	E.S	20	SIEMENS	14 LPS	4"X21M	5	17.0
LA CEIBA	E.S	15	SIEMENS	10 LPS	3"X65M	6	14.0
MAHAHUAL/P 1-2	E.S	5	GROUNFUS	5 LPS	3"X9M	8	10.0
DOS AGUADAS PZ-1	E.S	25	GROUNFUS		3"X150M	8	10.0
DOS AGUADAS PZ-2	E.S	25	GROUNFUS		3"X150M	7	12.0
TRES GARANTIAS	E.S	30	————	20 LPS	3"X110M	10	8.0
SANTA ROSA	E.S	20	————	15 LPS	3"X65M	6	14.0

### 3.2.4 Equipos horizontales.

Los equipos horizontales no son muy frecuentes, debido a que solo se utiliza en lugares de poca profundidad, sin embargo estos equipos presentan la ventaja de poderlos inspeccionar fácilmente.

En la tabla 3.2.4.1 se relacionan los equipos horizontales. Como se puede observar representan una mínima parte, y si observamos la longitud de la columna de bombeo vemos que es de muy poca profundidad.

**EQUIPOS HORIZONTALES.**

*Tabla 3.2.4.1. Características de las bombas verticales*

COMUNIDAD	EQ	H.P	MARCA	GASTO	COLUMNA	HORAS DE USO POR DÍA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN MESES
BACALAR CARCAMO E1	E.H	15	_____	15 LPS	6"X3M	8	4.0
BACALAR CARCAMO E2	E.H	16	_____	15 LPS	6"X3M	7	5.0
MAHAJUAL PTA VACIO 2	E.H	25	_____	10 LPS	_____	8	4.0

**3.3 Cálculo del tiempo de mantenimiento**

Para determinar el tiempo en que se realizará el mantenimiento a los equipos de bombeo se consultan los criterios de mantenimiento en donde se especifica las horas que debe operar el equipo antes de darle mantenimiento preventivo y las horas de operación por día.

Para el caso de los equipos verticales y horizontales, el mantenimiento preventivo mayor se da a cada 1000 horas de operación. Para el caso de los equipos sumergibles es de 2500 horas, para los equipos de combustión interna se da cada 100 horas de operación.

Para calcular el tiempo en meses en que se debe dar mantenimiento se utiliza la fórmula (1)

$$\text{Mantenimiento por mes} = \frac{\text{Horas de operación del equipo antes de recibir mantenimiento}}{\text{Horas de operación por día}} \quad (1)$$

Por ejemplo, como se puede ver en la tabla 3.2.1.1, el equipo de la comunidad de Andrés Q. Roo se le realiza el mantenimiento preventivo cada 6 meses.

En esta comunidad el equipo es de tipo vertical y opera 6 horas al día (2)

$$\text{Mantenimiento por días} = \frac{1000hr}{6hr / \text{Día}} = 166.666 \quad (2)$$

Este resultado (de la fórmula 2) lo dividimos entre 30 que son los días que trae el mes generalmente.

$$\text{Mantenimiento por mes} = \frac{166.666 \text{ Días} * 1mes}{30 \text{ Días}} = 5.555 \quad (3)$$

De acuerdo al resultado se debe realizar el mantenimiento cada 5.555 meses, que al redondear resulta en 6 meses.

Para el caso de los demás equipos el procedimiento es igual, solo hay que tomar en cuenta el criterio de mantenimiento y las horas de operación del equipo.

Existen algunos casos especiales en donde el cálculo excede los 12 meses, estos son en equipos que operan poco tiempo, entonces se consideran otros factores como los climáticos, que provocan la oxidación en los componentes del equipo por la salinidad del lugar.

Un caso en específico es la comunidad de Guillermo Prieto en donde el equipo es de tipo vertical y solo opera 2 horas al día. Haciendo el cálculo del

tiempo en que se le debe hacer el mantenimiento preventivo resulta que es cada 16 meses lo que es mayor a un año, por lo tanto no se toma en cuenta este resultado y se determina que el mantenimiento se cada 12 meses.

### 3.4 Datos del sistema eléctrico.

Los componentes del sistema eléctrico que se consideran para mantenimiento son el arrancador y la subestación.

En la tabla 3.4.1 se muestra las características del arrancador y del transformador y las fechas en que se les dio el último mantenimiento,

**Tabla 3.4.1.- Características del arrancador y el transformador.**

COMUNIDAD	ULTIMA FECHA	ARRANCADOR	ULTIMA FECHA	TRANSFORMADOR
LA UNION	20/11/2004	SIEMENS/15HP/220V/TP	21/02/2004	15KVA-34500/220V
CALDERON	28/10/2004	SIEMENS/15HP/220V/TP	28/04/2004	15KVA-34500/220V
ROVIROSA		SIEMENS/20HP/220V/TP	23/02/2004	30KVA-34500/220V
BOTES	28/10/2004	SIEMENS/7.5HP/220V/TP	28/04/2004	15KVA-34500/220V
COCOYOL	29/11/2004	SIEMENS/15HP/220V/TR	27/04/2004	15KVA-34500/220V
CACAO	13/11/2004	SIEMENS/25HP/220V/TR	13/01/2004	30KVA-34500/220V
ALVARO OBREGÓN z.A	27/11/2004	FEDELAP./20HP/440V/TP	14/03/2004	15KVA-34500/440V
ALVARO OBREGÓN VIEJO	23/11/2004	ABB/7.5HP/220V/TP	14/03/2004	15KVA-34500/220V
PEDRO JOAQUIN C.	27/11/2004	SIEMENS/30HP/440V/TR	28/03/2004	15KVA-34500/440V
SABIDOS	19/10/2004	SQUARED/20HP/220V/TP	14/03/2004	45KVA-34500/220V
ALLENDE	20/11/2004	SIEMENS/15HP/220VTP	14/02/2004	15KVA-34500/220V
PALMAR	20/10/2004	SIEMENS/25HP/440V/TP	14/03/2004	45KVA-34500/440V
VILLAFLORES	27/11/2004	SIEMENS/20HP/220V/TR	25/03/2004	30KVA-34500/220V
RAMONAL	23/10/2004	SIEMENS/15HP/220V/TP	22/04/2004	15KVA-34500/220V
SAC XAN	18/10/2004	SIEMENS/10HP/220V/TR	18/04/2004	15KVA-34500/220V
BACALAR POZO 2	12/10/2004	SIEMENS/50HP/440V/TR	11/02/2004	45KVA-34500/440V
BACALAR POZO 4	12/10/2004	SIEMENS/50HP/440V/TR	11/03/2004	75KVA-34500/440V
BACALAR CARCAMO E1	18/10/2004	SIEMENS/15HP/220V/TR	18/04/2004	45KVA-13200/220V
BACALAR CARCAMO E2	23/10/2004	SIEMENS/15HP/220V/TR	18/04/2004	45KVA-13200/220V
SERGIO BUTRON CASAS	23/10/2004		23/02/2004	
CARLOS A MADRAZO	23/10/2004	SIEMENS/20HP/440V/TR	24/02/2004	30KVA-34500/440V

UCUM	26/10/2004	SIEMENS/30HP/220V/TR	25/02/2004	30KVA-34500/220V
LAGUNA GUERRERO	26/11/2004	-----	26/01/2004	-----
URSULO GALVAN	26/10/2004	-----	24/02/2004	-----
MIGUEL ALEMAN	01/11/2004	SIEMENS/25HP/220V/TP	11/03/2004	30KVA-33000/220V
RIO VERDE	26/10/2004	SIEMENS/20HP/220V/TP	25/02/2004	30KVA-33000/220V
MELCHOR OCAMPO	26/10/2004	SIEMENS/15HP/220V/TP	24/02/2004	10KVA-33000/220V
OTILIO MONTAÑO	26/10/2004	TELEM/20HP/220V/TP	26/04/2004	30KVA-33000/220V
18 DE MARZO	26/10/2004	SIEMENS/15HP/220V/TP	11/02/2004	30KVA-33000/220V
ZAMORA	26/10/2004	SIEMENS/7.5HP/220V/TP	15/04/2004	15KVA-33000/220V
JESUS MARTINEZ ROSS	27/10/2004	SIEMENS/10HP/220V/TP	28/02/2004	30KVA-33000/220V
SINAI	27/10/2004	SIEMENS/15HP/220V/TP		30KVA-33000/220V
CEDRALITO	27/10/2004	SIEMENS/20HP/220V/TP	14/04/2004	30KVA-33000/220V
TIERRA NEGRA	24/11/2004	ALLENB/10HP/220V/TP	24/03/2004	30KVA-33000/220V
DAVID GUSTAVO	17/10/2004	ALLENB/17.5HP/220V/TP	17/02/2004	30KVA-33000/220V
ALTOS DE SEVILLA	17/10/2004	ALLENB/10HP/220V/TP	-----	A RED BAJA
BUENA ESPERANZA	17/10/2004	SQUARD/10HP/220V/TP	17/04/2004	30KVA-33000/220V
PARAISO	17/10/2004	SIEMENS/10HP/220V/TP	17/02/2004	2X10KVA-33000/220V
GAVINO VAZQUEZ	17/10/2004	SIEMENS/10HP/220V/TP	-----	30KVA-33000/220V
FCO. J. MUJICA	20/11/2004	ALLENB/15HP/220V/TP	18/01/2004	30KVA-33000/220V
LIBERTAD	11/10/2004	SIEMENS/15HP/440V/TR	16/03/2004	30KVA-34500/440V
SAN PEDRO PERALTA	11/10/2004	SIEMENS/50HP/440V/TR	15/02/2004	75KVA-34500/440V
MOROCOY	11/10/2004	SIEMENS/30HP/220V/TP	19/04/2004	30KVA-34500/220V
GONZALES ORTEGA	17/10/2004	-----	17/02/2004	-----
NACHICOCOM	17/10/2004	FEDERAL/10HP/220V/TP	11/02/2004	30KVA-34500/220V
NICOLAS BRAVO POZO 1	13/10/2004	SIEMENS/40HP/220V/TR	13/04/2004	45KVA-34500/440V
NICOLAS BRAVO POZO 2	13/10/2004	SQUARD/25HP/220V/TP	13/03/2004	30KVA-34500/440V
FCO. VILLA KM. 60	13/10/2004	SIEMENS/20HP/220V/TP	15/02/2004	30KVA-34500/220V
SAN ROMAN	11/11/2004	SIEMENS/10HP/220V/TP	17/03/2004	30KVA-33000/220V
RIO ESCONDIDO	12/10/2004	SIEMENS/15HP/220V/TP	21/02/2004	30KVA-33000/220V
HUATUSCO	09/10/2004	SIEMENS/20HP/220V/TP	22/02/2004	30KVA-33000/220V
KUCHUMATAN	09/10/2004	SIEMENS/10HP/440V/TR	16/03/2004	30KVA-33000/440V
MAYA BALAM	08/11/2004	CUTTLE H/20HP/220V/TP	22/03/2004	30KVA-33000/220V
SAN ISIDRO LA LAGUNA	04/10/2004	SIEMENS/20HP/440V/TR	22/04/2004	30KVA-33000/440V
CANNLUMIL	04/10/2004	ALLEN B/5HP/220V/TP	24/02/2004	30KVA-33000/220V
MIGUEL HIDALGO	04/10/2004	SIEMENS/10HP/220V/TP	22/04/2004	30KVA-33000/220V
BUENA VISTA	-----	SIEMENS/7.5HP/220V/TP	17/02/2004	30KVA-33000/220V
PEDRO A. SANTOS	28/10/2004	SIEMENS/10HP/220V/TP	28/04/2004	30KVA-33000/220V
LIMONES	27/10/2004	SIEMENS/15HP/220V/TP	22/04/2004	30KVA-33000/220V
CHACCHOBEN	27/10/2004	SD/10HP/220V/TP	28/03/2004	RED DE BAJA
LAZARO CARDENAS UA	27/10/2004	SIEMENS/10HP/220V/TP	21/02/2004	30KVA-33000/220V
MANUEL AVILA CAMACHO	27/10/2004	G.E/15HP/220V/TP	18/03/2004	30KVA-33000/220V
LOS DIVORCIADOS	28/10/2004	G.E/15HP/440V/TP	14/03/2004	30KVA-33000/440V
VALLEHERMOSO	09/11/2004	CUTTLER/15HP/220V/TP	14/01/2004	30KVA-33000/220V
LA PANTERA	29/10/2004	SIEMENS/15HP/220V/TR	25/02/2004	RED DE BAJA
ITURBIDE	27/11/2004	SIEMENS/15HP/220V/TR	29/02/2004	30KVA-33000/220V
PROGRESO	28/10/2004	SIEMENS/10HP/220V/TP	-----	2X15KVA-33000/220V
GUADALUPE VICTORIA	-----	SIEMENS/10HP/220V/TP	22/02/2004	30KVA-33000/220V
MARGARITA MAZA	26/11/2004	SIEMENS/15HP/220V/TR	25/03/2004	30KVA-33000/220V

NUEVO JERUSALEM	30/11/2004	SIEMENS/10HP/220V/TR	30/03/2004	30KVA-33000/220V
BUENA FE	29/11/2004	SIEMENS/7.5HP/220V/TP	25/02/2004	30KVA-33000/220V
SAN FERNANDO	—	SIEMENS/15HP/220V/TR		30KVA-33000/220V
REFORMA	22/11/2004	SIEMENS/20HP/220V/TR	31/03/2004	30KVA-33000/220V
ANDRES Q. ROO	02/10/2004	SIEMENS/15HP/220V/TP	11/04/2004	30KVA-33000/220V
LA CEIBA	02/10/2004	SIEMENS/15HP/220V/TP	09/04/2004	30KVA-33000/220V
BLANCA FLOR	11/10/2004	SIEMENS/10HP/220V/TP	11/04/2004	30KVA-33000/220V
MAHAHUAL PTA VACIO 1	—	SIEMENS/20HP/440V/TP		30KVA-34500/440V
MAHAHUAL PTA VACIO 2	—	SIEMENS/25HP/440V/TR	—	30KVA-34500/440V
MAHAHUAL/P 1-2	—	SIEMENS/5HP/220V/TP	—	30KVA-13200/220V
MAHAHUAL C-1	—	SIEMENS/30HP/440V/TP	—	75KVA-13200/440V
DOS AGUADAS PZ-1	11/10/2004	SIEMENS/25HP/220V/TP	11/02/2004	30KVA-34500/220V
DOS AGUADAS PZ-2	11/10/2004	SIEMENS/25HP/440V/TP	11/02/2004	30KVA-34500/440V
TRES GARANTIAS	13/10/2004	F.P/30HP/220V/TR	13/01/2004	3X15KVA-33000/220V
TOMAS GARRIDO	11/10/2004	SIEMENS/15HP/220V/TR	11/02/2004	30KVA-33000/220V
SANTA ROSA	11/10/2004	SIEMENS/20HP/440V/TR	11/02/2004	30KVA-33000/440V
FELIPE ANGELES	11/10/2004	SIEMENS/5HP/440V/TP	13/04/2004	30KVA-33000/220V

### 3.5 Datos de la columna de bombeo y Tanque Elevado.

En la tabla 3.5.1 siguiente se muestran el gasto, datos de la columna de bombeo y el medio de almacenamiento.

La unidad del gasto esta en litros por segundo (LPS), en el caso de la columna se muestra el diámetro dado en pulgadas y la longitud en metros. Para el sistema de almacenamiento en su mayoría solo cuentan con un tanque elevado (T.E). En la tabla se muestra la capacidad o el volumen en metros cúbicos ( $m^3$ ), la altura no se considera ya que la mayoría son de 15 m. Algunas comunidades cuentan con tanque elevado y tanque superficial o cisterna. (T.S o C).

**Tabla 3.5.1- Características de las columnas de bombeo**

COMUNIDAD	GASTO	COLUMNA	ALMACENAMIENTO
LA UNION	10 LPS	3"X33M	T.E 50 M3
CALDERON	7 LPS	3"X84M	T.E 50 M3
ROVIROSA	16 LPS	4"X48M	T.E 150M3
BOTES	5 LPS	3"X60M	T.E 25M3
COCOYOL	10 LPS	4"X48M	T.E 25M3
CACAO	15 LPS	4"X43M	T.E 25M3
PUCTE			
ALVARO OBREGÓN z.A	16 LPS	4"X23M	
ALVARO OBREGÓN VIEJO	6 LPS	3"X80M	T.E 25M3
PEDRO JOAQUIN C.	15 LPS	3"X48M	T.E 25M3
SABIDOS	10 LPS	4"X78M	T.E 10 Y25M3
ALLENDE	9 LPS	3"X20M	T.E 25M3
PALMAR	14 LPS	4"X52M	T.E Y C. 25/100 M3
VILLAFLORES	15 LPS	4"X21M	T.E 25M3
RAMONAL	9 LPS	3"X40M	T.E 25M3
SAC XAN	9 LPS	3"X21M	T.E 15 Y 25 M3
BACALAR POZO 2	30 LPS	6"X33M	
BACALAR POZO 4	41 LPS	6"X48M	
BACALAR CARCAMO E1	15 LPS	6"X3M	T.S 300M3
BACALAR CARCAMO E2	15 LPS	6"X3M	T.E 150M3
SERGIO BUTRON CASAS			
CARLOS A MADRAZO	15 LPS	4"X21M	T.E 25M3
UCUM	16 LPS	3"X27M	T.E 25M3
REVOLUCIÓN			
LAGUNA GUERRERO			
URSULO GALVAN			
(RAUDALES)			
MIGUEL ALEMAN	10 LPS	3"X84M	T.E 25 M3
RIO VERDE	9 LPS	4"X58M	T.E 25 M3
NUEVO TABASCO	5 LPS	3"X80	T.E 25 M3
MELCHOR OCAMPO	7 LPS	4"X48M	T.E 25 M3
EL GALLITO	9 LPS	3"X95M	T.E 25 M3
OTILIO MONTAÑO	10 LPS	3"X84M	T.E 15 M3
18 DE MARZO	10 LPS	4"X62M	T.E 25 M3
ZAMORA	5 LPS	3"X78M	T.E 25 M3
FCO. VILLA NCPE	10 LPS	4"X65M	T.E 15 M3
CANAAN	15 LPS	4"X50M	T.E 15 M3
HOCTUN	5 LPS	3"65M	
JESUS MARTINEZ ROSS	5 LPS	3"X70M	T.E 10M3
SINAI	7 LPS	3"X84M	T.E 25 M3
CEDRALITO	7 LPS	3"X84M	T.E 25 M3

TIERRA NEGRA	5 LPS	3"X78M	T.E 25 M3
DAVID GUSTAVO	7 LPS	3"X35M	T.E 25 M3
ALTOS DE SEVILLA	5 LPS	3"X60M	T.E 25 M3
BUENA ESPERANZA	5 LPS	3"X80M	T.E 25 M3
PARAISO	7 LPS	4"X36M	T.E 15 M3
GAVINO VAZQUEZ	5 LPS	3"X70M	T.E 15 M3
LOS LIRIOS	5 LPS		
FCO. J. MUJICA	5 LPS	3"X80M	T.E 25 M3
LIMONAR	7 LPS	4"X115M	T.E 15 M3
LIBERTAD	11 LPS	3"X111	T.E 25 M3
SAN PEDRO PERALTA	16 LPS	4"X130M	T.E 100 M3
MOROCOY	14 LPS	3"X66M	T.E 25 M3
GONZALES ORTEGA			
NACHICOCOM	10 LPS	3"X40M	T.E 25 M3
CALIFORNIA	7 LPS	3"X80M	T.S 25 M3
5 DE MAYO			
NUEVO CANAAN			
VERACRUZ	7 LPS	4"X104M	T.E 15M3
NUEVO BECAR	7 LPS	4"X6M	T.E 25 M3
NICOLAS BRAVO POZO 1	14 LPS	4"X111M	T.E 150 M3
NICOLAS BRAVO POZO 2	12 LPS	3"X111M	
FCO. VILLA KM. 60	16 LPS	3"X80M	T.E 25 M3
SAN ROMAN	5 LPS	3"X78M	T.E 25 M3
RIO ESCONDIDO	10 LPS	3"X54M	2 T.E 25 M3
HUATUSCO	15 LPS	4"X54M	T.E 25 M3
PAYO OBISPO	7 LPS	3"X85M	T.E 15 M3
KUCHUMATAN	10 LPS	4"X35M	T.E 50 M3
MAYA BALAM	10 LPS	4"X30M	T.E 50 M3
SAN ISIDRO LA LAGUNA	15 LPS	3"X42M	T.E 50 M3
CANNLUMIL	5 LPS	3"X21M	T.E 25 M3
MIGUEL HIDALGO	10 LPS	3"X21M	T.E 25 M3
BUENA VISTA	7 LPS	3"X15M	T.E 15 M3
PEDRO A. SANTOS	10 LPS	3"X15M	T.E 15 M3
LIMONES	10 LPS	3"X15M	T.E 100 M3
CHACCHOBEN	10 LPS	3"X15M	T.E 25 M3
LAZARO CARDENAS UA	10 LPS	4"X15M	T.E 25 M3
MANUEL AVILA CAMACHO	10 LPS	3"	T.E 25 M3
LOS DIVORCIADOS	10 LPS	3"X52M	T.E 25 M3
VALLEHERMOSO	10 LPS	4"X27M	T.E 25 M3
LA PANTERA	10 LPS	3"X27M	T.E 25 M3
ITURBIDE	9 LPS	3"X30M	T.E 25 M3
PROGRESO	10 LPS	3"X30M	T.E 25 M3
GUADALUPE VICTORIA	7 LPS	3"X27M	T.E 25 M3
MARGARITA MAZA	10 LPS	4"X30M	T.E 25 M3
NUEVO JERUSALEM	9 LPS	3"X45M	T.E 25 M3
BUENA FE	7 LPS	3"X36M	T.E 25 M3
SAN FERNANDO	5 LPS	3"X39	T.E 25 M3
REFORMA	14 LPS	4"X21M	2 T.E 25 M3

ANDRES Q. ROO	7 LPS	3"X15M	T.E 25 M3
LA CEIBA	10 LPS	3"X65M	T.E 15 M3
BLANCA FLOR	10 LPS	4"X30M	T.E 25 M3
MAHAHUAL PTA VACIO 1	18 LPS		
MAHAHUAL PTA VACIO 2	10 LPS		
MAHAHUAL/P 1-2	5 LPS	3"X9M	
MAHAHUAL C-1	20 LPS	3"X1.5M	T.S 300 M3
XCALAK	5 LPS		T.E. S 25 -150 M3
DOS AGUADAS PZ-1		3"X150M	T.E 25 M3
DOS AGUADAS PZ-2		3"X150M	
TRES GARANTIAS	20 LPS	3"X110M	T.E.S 35-100 M3
TOMAS GARRIDO	10 LPS	3"X36M	T.E 25 M3
SANTA ROSA	15 LPS	3"X65M	T.E 25 M3
LOS ANGELES.	5 LPS	3"	T.E.S 35-350 M3
FELIPE ANGELES	5 LPS	4"X3M	T.E.S 35-125 M3
NUEVO VERACRUZ	7 LPS	4"X104M	T.E 15 M3
OJO DE AGUA	7 LPS	3"X80M	T.E 25 M3
ALACRANES	5 LPS	3"X80M	T.S 125 M3
ICAICHE			
21 DE MAYO	5 LPS	3"	T.E.S 25-350 M3
MANUEL CRESENCIO REJÓN.	17 LPS		T.E 25 M3
BLASILLO			
DOS LAGUNAS	7 LPS	3"X183M	T.E 25 M3
GUILLERMO PRIETO			
DZIBALITO	7 LPS	4"	T.E 25 M3

**3.6 Resumen del tercer capítulo.**

En la tabla se relacionan los equipos de bombeo por brigada de acuerdo al tipo.

*Tabla.-Relación de equipos de bombeo de acuerdo al tipo*

Brigada	Sumergibles	Verticales	Horizontales	Comb_interna
1	18	3	2	0
2	15	0	0	2
3	15	1	0	4
4	12	9	1	1
5	4	6	0	4
Total	64	19	3	11

## ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

### Introducción.

Un diagrama de flujo ayuda a entender un programa que en un principio, puede parecer complicado.

En un diagrama de flujo se muestran los pasos que se siguen para elaborar el programa sin tener que leer todo un documento, ya que de alguna manera resume cada uno de los pasos a seguir y la forma en que opera el sistema o los pasos que sigue o interpretar una secuencia de instrucciones.

Ahora bien, el diagrama de flujo en cierta manera nos ayuda a tener una idea mas clara de lo que es el programa y como funciona. Pero para entender bien cada uno de los pasos hay que tratarlos a detalle, con cuidado, esto para evitar ambigüedades y que no dejen lugar a dudas de lo que se trata.

En este capitulo se tratará a detalle los pasos que se siguieron para elaborar el programa utilizando una hoja de cálculo Excel.

4.1 Diagrama de flujo del sistema de Mantenimiento.

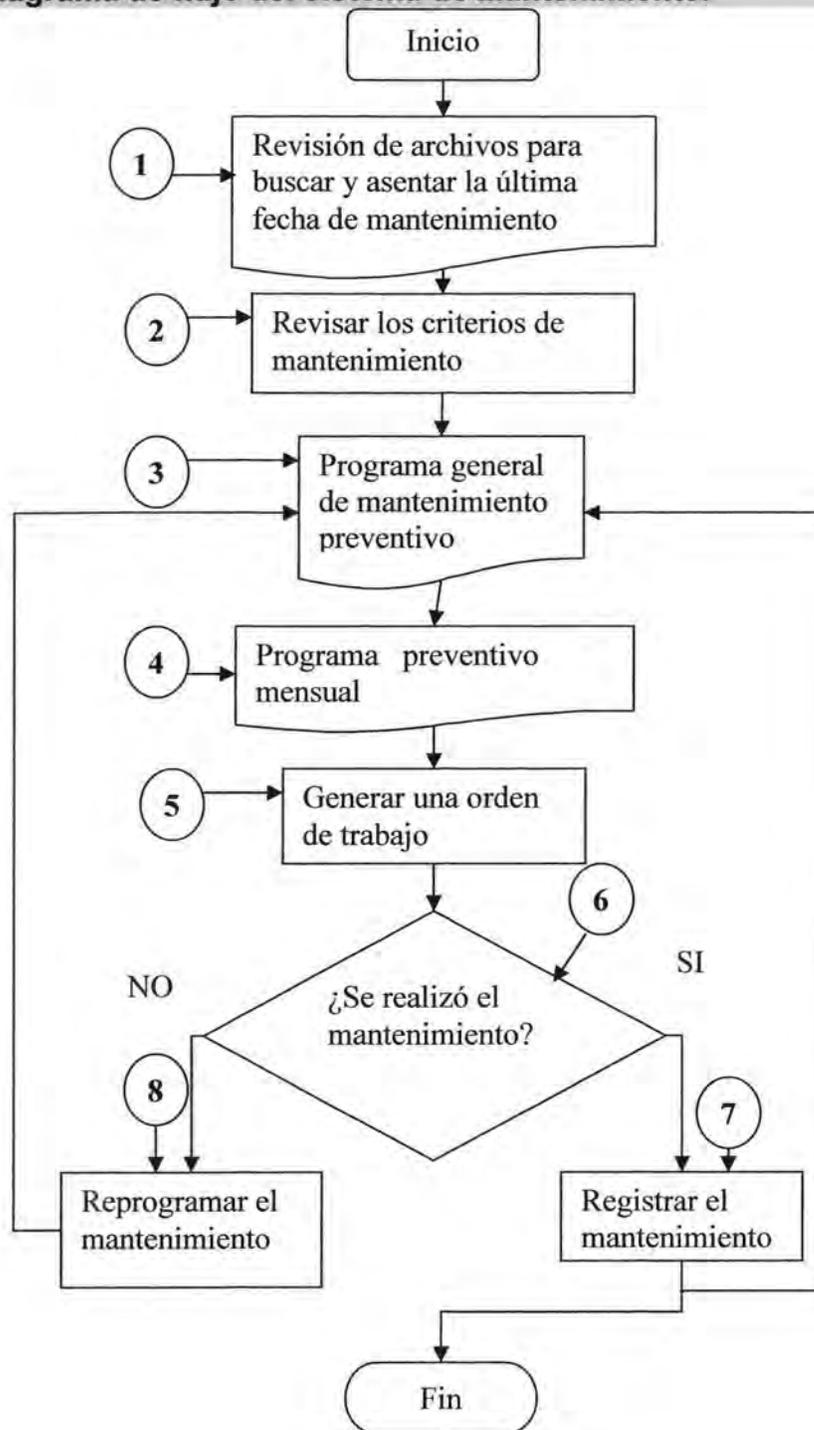


Fig. 4.1.- Diagrama de Flujo, utilizado para elaborar el programa de mantenimiento preventivo.

#### 4.1.1 Descripción del diagrama de flujo.

En la *figura 4.1* se puede ver el diagrama de flujo del programa. Este diagrama muestra paso a paso el procedimiento que se siguió para elaborar el programa de mantenimiento preventivo para los equipos de un sistema de bombeo de agua potable.

1. En primer término se realizó la revisión de los archivos para recabar los datos, las características de los equipos y las últimas fechas en que se les aplicó mantenimiento preventivo o correctivo.
2. En el siguiente paso se consultó los criterios de mantenimiento preventivo de cada uno de los equipos, para que con los datos obtenidos en el paso anterior, se diseñe y analice la manera de programar el mantenimiento preventivo general.
3. De acuerdo con los criterios de mantenimiento y considerando las últimas fechas en que se realizó en último mantenimiento a los equipos, se elaboró el programa de mantenimiento preventivo general en una hoja de cálculo Excel. Este programa muestra de forma abreviada las acciones generales a realizar y las fechas en que se llevaran a cabo durante un año.
4. Partiendo del programa de mantenimiento preventivo general se realizó el mantenimiento preventivo mensual. En este programa se

muestra con más detalle los mantenimientos que se realizarán en el mes, pues en este se desglosa las fechas en que se realizará el mantenimiento al mes por acciones generales.

5. Con el programa mensual de mantenimiento preventivo se procede a realizar las órdenes de trabajo.
6. La orden de trabajo se le da al responsable de la brigada para que realice el mantenimiento preventivo al equipo o sistema.
7. Cuando dicho mantenimiento se realiza se asienta en los carnet's de servicio.
8. cuando el mantenimiento no se realiza por alguna circunstancia, este se registra y se reprograma para otra fecha.

Algunos de estos pasos ya se trataron con más detalle en los capítulos anteriores, los restantes se tratarán a continuación.

## 4.2 Elaboración del sistema de mantenimiento preventivo general, utilizando hoja de calculo Excel.

Después de analizar los datos y características de los equipos, se buscó la manera de realizar un programa apegado a las políticas y criterios de mantenimiento. Un programa que sea fácil de codificar, de consultar y entender cada una de las acciones o mantenimientos a realizar, sin que ocupe mucho espacio ni cueste mucho trabajo interpretar, tanto para el que consulta como para el que realiza las ordenes de trabajo.

Para realizar el programa de mantenimiento preventivo se utilizaron las claves de las acciones generales, con el propósito de ahorrar espacio, tiempo y trabajo al momento de programar, además que permita hacer la consulta fácil y sencilla.

En la *tabla 4.2.1* se muestran las claves asignadas a cada acción general. En total son once acciones generales, a cada una se le asignó una letra en orden alfabético.

Por ejemplo, la primera acción general es el *Sistema Eléctrico* y se le asignó la letra **A**. el segundo es el *Mantenimiento Preventivo Mayor a Bomba y Motor Vertical* a este se le asignó la letra **B**, y así sucesivamente hasta la letra **L** que es *Limpieza general de área de Pozo y Tanque Elevado*.

Tabla 4.2.1.- claves asignadas a cada una de las acciones generales.

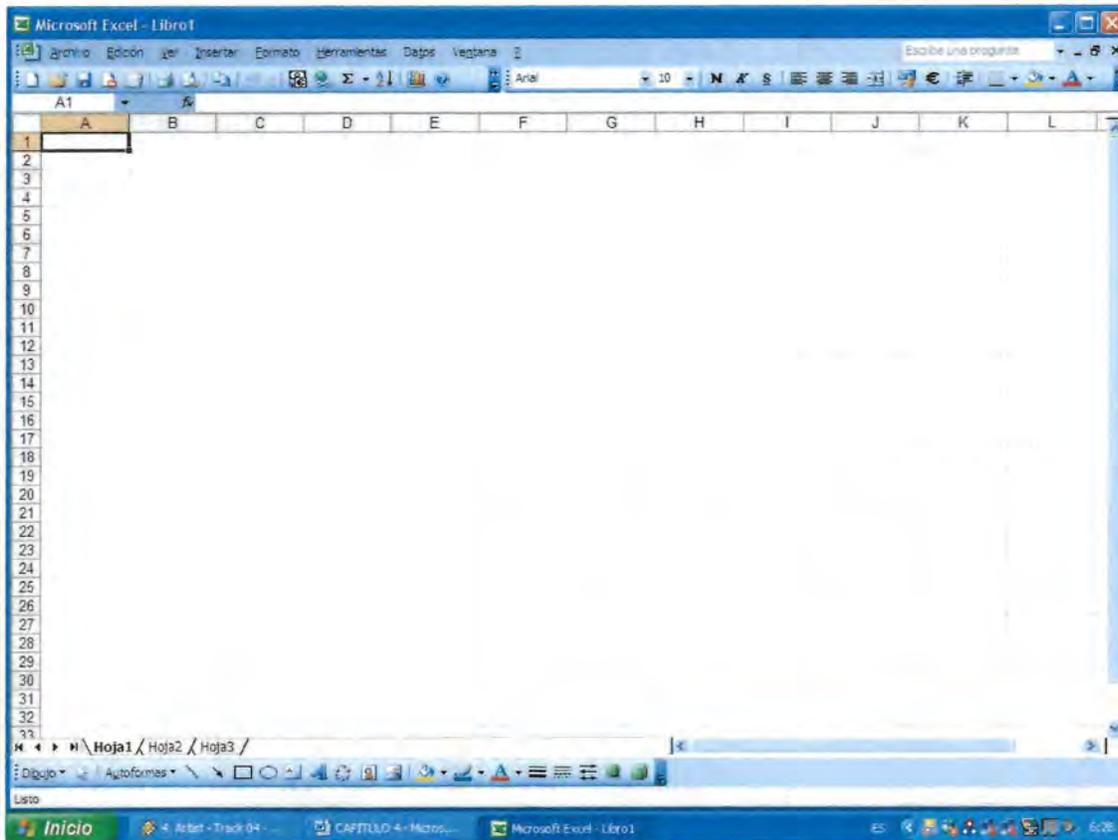
CLAVE	ACCIONES
A	SISTEMA ELECTRICO
B	MANTENIMIENTO PREVENTIVO MAYOR A MOTOR VERTICAL
C	MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENOR A MOTOR VERTICAL
D	SUBESTACIÓN ELECTRICA
E	SISTEMA DE CLORACIÓN
F	TREN DE DESCARGA
G	MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA
H	CUERPO DE TAZONES
I	BOMBA Y MOTOR SUMERGIBLE
J	COLUMNA DE BOMBEO
K	TANQUE ELEVADO Y CISTERNA
L	LIMPIEZA GENERAL DE AREA DE POZO Y TANQUE ELEVADO

Para las acciones específicas se les asignó una clave numérica, esto con el fin de poder diferenciarlas de las acciones generales que se describirá más adelante cuando se describa el carnet de servicio.

#### 4.2.1 Programa general.

Para la elaboración del programa de mantenimiento se utilizó una hoja de cálculo Excel.

Una de las ventajas que se consideraron al utilizar Excel es que permite realizar una base de datos e introducir fórmulas y manejarlas fácilmente, además Excel es un programa que se encuentra en la mayoría de las computadoras.



*Figura 4.2.1.1 Hoja de cálculo Excel. Esta es la pantalla principal de la hoja de cálculo.*

#### 4.2.1.1 Estructura del programa.

El programa de mantenimiento preventivo esta estructurado de la forma más sencilla posible para que la persona que lo consulte lo entienda y le sea fácil entender, comprender e interpretar, pues el propósito es que sea comprensible y que no sea muy extenso para no dificultar las consultas.

Tratando de cumplir con el propósito propuesto, se estructuró el programa en cuatro secciones principales, la primera es donde se muestra el nombre del responsable del módulo y de la brigada que realizará el mantenimiento (1). En la *Análisis y diseño de un programa de mantenimiento.*

segunda sección se muestran los nombres de las comunidades que pertenecen al módulo (2), la tercera se muestra los meses y los días programados para realizar el mantenimiento preventivo a los equipos y sistemas (3) y en la cuarta sección se muestran las acciones generales (4). Ver figura (4.2.1.1.1)

En la primera y la segunda sección se escribe el módulo y la comunidad respectivamente. La tercera sección esta dividida de la siguiente forma; en la parte superior aparecen los meses del año, el día programado del mes, las acciones generales programadas y la fecha en que se realiza el mantenimiento preventivo programado.

Como se muestra en la figura (4.2.1.1.1) las acciones generales aparecen de forma codificada esto con el fin de ahorrar tiempo y espacio. Por ejemplo en lugar que se escriba "*Mantenimiento Preventivo del Sistema Eléctrico*" solo se escribe la **A**, que es la clave de la acción general.

Otro muy importante es la fecha, en este caso en lugar de poner toda la fecha (día/mes/año), solo aparecerá el día del mes en que se realizará el mantenimiento.

La última sección es donde se muestra el número de veces que se realizará el mantenimiento por acción por comunidad y el total por módulo el cual esta estructurado de la manera siguiente:

En la parte superior se muestran las acciones generales, debajo de de éste y en la fila que le corresponde a cada comunidad aparece un número que indica las veces programadas que recibirá el mantenimiento preventivo el equipo o sistema al año por comunidad.

Al final de cada columna se hace la suma del total de veces que se realizará el mantenimiento por acción, esto da una idea de la frecuencia en que se realizará el mantenimiento por acción al año por cada módulo.

Debajo del programa general se hizo un resumen por mes de las acciones por módulo. Este resumen muestra el total de veces que se realizará el mantenimiento por acción, además que servirá de mucho para hacer el presupuesto del mantenimiento. Ver figura 4.2.1.1.2

1		2		3												4												
BRIGADA O MODULO		COMUNIDAD	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 2005																									
			FECHAS												ACCIONES													
			ENE.	FEB.	MAR.	ABRIL	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L		
149	J A C I N T O  L O P E Z	ZAMORA	E.S. PROG	14	14	14	15	18	13	11	12	13	13	14	12	6			1	12	2				1	1	1	6
150			ACCIONES	EL	AEF	EL	ADE	EKL	AE	EJL	AEF	EL	AE	EL	AE													
151		EJEC																										
152		FCO. VILLA NCPE	C.I.V. PROG			15		18		18		19		14					12							1	6	
153			ACCIONES	EL	E	EL	E	EKL	E	EL	E	EL	E	EL	E													
154		EJEC																										
155		CANAAN	C.I.V. PROG			15		25	18					13					12	2						1	6	
156			ACCIONES	EL	E	EL	E	EL	EK	EL	E	EL	E	EL	E													
157		EJEC																										
158		HOCTUN	C.I.V. PROG			22		18			22										2	1				1		
159			ACCIONES	E	E	EG	E	EK	E	E	EGH	E	E	E	E													
160		JESUS MARTINEZ ROSS	E.S. PROG	20	28	18	27	19	27	18	26	19	27	21	12	6			1	12	2				1	1	1	6
161			ACCIONES	EL	ADEF	EL	AJE	EKL	AE	EL	AEF	EL	AE	EL	AE													
162		EJEC																										
163		SINAI	E. Equipo: Sumergible HP: 15 Arrancador: SIEMENS/15HP/220V/TP Gasto: 7 Lps Columna: 3"x 84m Transformador: 30KVA-33000/220V						13	18	12	19	13	18	12	6				12	2				1	1	1	6
164			ACCIONES						AE	EL	AEF	EL	AE	EL	AE													
165		EJEC																										
166		CEDRALITO	E. Equipo: Sumergible HP: 15 Arrancador: SIEMENS/15HP/220V/TP Gasto: 7 Lps Columna: 3"x 84m Transformador: 30KVA-33000/220V					14	20	15	19	13	22	12	6			1	12	2				1	1	1	6	
167			ACCIONES					AEJ	EL	AEF	EL	AE	EL	AE														
168		EJEC																										
169	TIERRA NEGRA	E.S. PROG	24		24		20		25	24	20	24	18	14	6				12					1	1	1	6	
170		ACCIONES	AEL	E	ADEL	E	AEL	E	AEL	AEK	EJL	AE	EL	AE														
171	EJEC																											
172	DAVID GUSTAVO	E.S. PROG	17	17	17	17	20	17	18	17	18	17	17	14	6			1	12					1	1	1	6	
173		ACCIONES	EL	ADE	EL	AE	EKL	AEJ	EL	AE	EL	AE	EL	AE														
174	EJEC																											
175	ALTOS DE SEVILLA	E.S. PROG	17	18	17	17	20	16	25	17	16	17	16	14	6				12					1	1	1	6	
176		ACCIONES	EL	AE	EL	AE	EKL	AE	EJL	AE	EL	AE	EL	AE														
177	EJEC																											
178	BUENA ESPERANZA	E.S. PROG	17	17	17	17	23	16	15	16	15	17	17	14	6				12					1	1	1	6	
179		ACCIONES	EL	AE	EL	ADE	EKL	AE	EL	AEJ	EL	AE	EL	AE														
180	EJEC																											
181	PARAISO	E.S. PROG	17	17	17	17	23	16	23	17	15	17	17	14				1	12					1	1	1	6	
182		ACCIONES	EL	ADE	EL	AE	EKL	AE	EJL	AE	EL	AE	EL	AE	6													
183	EJEC																											
184	GAYINO VAZQUEZ	E.S. PROG		17		17		16		17		17		14	6				12									
185		ACCIONES	E	AE	E	AE	E	AE	E	AE	E	AE	E	AE														
186	EJEC																											
187	LOS LIRIOS	C.I.V. PROG																	12									
188		ACCIONES	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E														
189	EJEC																											
190	FCO. J. MUJICA	E.S. PROG	18		21	17	23	17	20	19	15		16	14	6			1	12					1	1	1	6	
191		ACCIONES	ADEL	E	AEL	E	AELK	E	AEL	EJ	AEL	E	AEL	E														
192	EJEC																											
			SUMA TOTAL POR ACCION												96	0	0	11	252	18	4	2	15	15	20	114		

Figura 4.2.1.1.2. Estructura del programa de mantenimiento preventivo y sus partes principales.

**Acciones de mantenimiento.**

*Tabla 4.2.1.2.- resumen de acciones generales de mantenimiento.*

CLAVE.	ACCIONES GENERALES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTALES
A	SIS. ELECTRICO	5	19	5	19	5	19	5	19	5	19	5	19	144
B	MANT. PREV.MAYOR A MOTOR VERT.				1			2						3
C	MANT. PREV. MENOR A MOTOR VERT.	3		3		3		1		3		2		15
D	SUBEST. ELECTRICA	0	3	4	4									11
E	SIST. DE CLORACIÓN	27	27	27	27	27	27	27		27		27	27	270
F	TREN DE DESCARGA Y POZO	1	8					1						10
G	MOTOR DE COMB. INTERNA													0
H	CUERPO DE TAZONES				1			2						3
I	BOMBA Y MOTOR SUMERGIBLE				1		7	7		3				18
J	COLUMNA DE BOMBEO				1		7	7		3				18
K	TANQUE ELEVADO Y CISTERNA					19								19
L	LIMPIEZA GENERAL DE AREA DE POZO Y TANQUE					18	2		5					25

*Número de veces que se realizará el mantenimiento por acción al mes*

*Total de veces que se realizará el mantenimiento por acción al año*

#### 4.2.2 Partes que conforman el programa.

Como se mencionó en el apartado anterior de esta sección, el programa esta dividido por módulos o brigadas. Cada módulo esta dividido en las comunidades que lo componen, esto con el fin de poder identificar fácilmente a que módulo corresponde cada comunidad y en que fecha le corresponde el mantenimiento preventivo así como el encargado de la brigada que realizará el mantenimiento.

El programa está conformado por las siguientes partes. Ver figura 4.2.1.1.

1. Responsable del módulo.
2. La comunidad.
3. Los meses.
4. Las acciones generales programadas.
5. El día del mes o fecha en que se realizará el mantenimiento.
6. El total de veces en que realizará cada una de las acciones por comunidad.
7. La suma de los totales para tener un estimado de cuantas veces se realizará la acción en todas las comunidades.

Tabla 4.2.1.1.- programa general y las partes que lo conforman

BRIGADA O MODULO	COMUNIDAD	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 2005																							
		FECHAS											ACCIONES												
		ENE.	FEB.	MAR.	ABRIL	MAY	JUN.	JUL.	AGOS.	SEP	OCT.	NOV.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
<b>JUAN SANTANA MONTES</b>	LA UNION	PROG	13	21	14	20	12	20	14	19	14	20		6			1	12				1	1	1	6
		ACCIONES	EL	ADE	EL	AE	EKL	AEIJ	EL	AE	EL	AE	EL												
		EJEC																							
	CALDERON	PROG	27	28	14	28	11	28	14	29	14	28		6			1	12	2			1	1	1	6
		ACCIONES	EL	AEF	EL	ADE	EIJL	AE	EL	AEFK	EL	AE	EL												
		EJEC																							
	ROVIROSA	PROG	12	23	11	22	12	23	11	23	12	24		6			1	12				1	1		6
		ACCIONES	EL	ADE	EL	AE	EKL	AEIJ	EL	AE	EL	AE	EL											1	
		EJEC																							
	BOTES	PROG	12	23	11	28	12	28	13	29	13	28		6			1	12				1	1	1	6
		ACCIONES	EL	AE	EL	ADE	EKL	AE	EIJL	AE	EL	AE	EL												
		EJEC																							
	COCOYOL	PROG	13	23	14	27	13	16	13	16	13	17		6		1		12				1	1		6
		ACCIONES	EL	AE	EL	ADE	EKL	AEIJ	EL	AE	EL	AE	EL											1	
		EJEC																							
	<b>SUMA TOTAL POR ACCION</b>													78	2	11	11	180	8	0	2	9	9	14	84

### 4.3 Programa de mantenimiento mensual.

Del programa general se partió para hacer el programa de mantenimiento mensual. Este programa muestra específicamente las acciones generales a realizarse por comunidad y los días en se llevaran a cabo el mantenimiento preventivo en el mes.

Como se vió en el capítulo 2, en los criterios de mantenimiento, los cloradores reciben mantenimiento preventivo mensualmente (E). Este mantenimiento se realiza en los primeros días de cada mes, sin embargo estas fechas no aparecen en el programa de mantenimiento general, con el propósito de evitar que se preste a confusiones en el momento de hacer la consulta. Por lo tanto solo aparecen en el programa mensual ya que en éste se muestran las acciones generales y los días en forma desglosada.

Los números que se muestran en cada celda se refieren al día del mes en que se hará el mantenimiento. En la figura (4.3.1) se muestra un ejemplo del programa mensual para el mes de enero del 2005, en el cual se ve que en la comunidad de La Unión se dará mantenimiento al clorador (acción E) el día 13 del mes de enero y también se hará la limpieza del área de pozo y tanque elevado (acción L).

#### 4.3.1 Partes que conforman el programa mensual.

Al igual que el programa general, el programa mensual está dividido por partes a saber:

- 1.- En principio se muestra el nombre del responsable de la brigada.
- 2.- En la siguiente columna se relacionan las comunidades que conforman el módulo.
- 3.- En la fila superior se muestra el mes y el año que corresponde.
- 4.- En la siguiente fila se muestran las claves de las acciones generales.
- 5.- Después se muestran los días del mes en que se realizará el mantenimiento. Este dato se muestra debajo de la acción general y la comunidad que le corresponde.
- 6.- A un costado se deja un espacio para anotar las observaciones que se haga más adelante.
- 7.- Debajo del programa mensual se escriben las claves de las acciones generales y su significado.

BRIGADA O MODULO	COMUNIDAD	MANTENIMIENTO PREVENTIVO ENERO 2005													
		ACCIONES											L	OBSERVACIONES	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K			
JUAN SANTANA MONTES	LA UNION					7								13	
	CALDERON					7								27	
	ROVIROSA					7								12	
	BOTES					7								12	
	COCOYOL					7								13	
	CACAO					7								13	
	PUCTE					7								*	*Independiente.
	ALVARO OBREGÓN z.A					10								27	
	ALVARO OBREGÓN VIEJO					10								14	
	PEDRO JOAQUIN C.	27				10								27	
	SABIDOS			17		10								17	
	ALLENDE			18		10								18	
	PALMAR					10								18	
	VILLAFLORES	27				10								27	
	RAMONAL	18				11								18	
	SAC XAN					11								18	
	BACALAR POZO 2					11								19	
UCUM					11								24		

- A SIS. ELECTRICO
- B MANT. PREV.MAYOR A MOTOR VERT.
- C MANT. PREV. MENOR A MOTOR VERT.
- D SUBEST. ELECTRICA
- E SIST. DE CLORACIÓN
- F TREN DE DESCARGA Y POZO

- G BOMBA DE COMB. INTERNA
- H CUERPO DE TAZONES
- I BOMBA Y MOTOR SUMERGIBLE
- J COLUMNA DE BOMBEO
- K TANQUE ELEVADO Y CISTERNA
- L LIMP\_GRAL DE AREA DE POZO Y TANQUE

#### 4.4 **Carnet de Servicio.**

El carnet de servicio es un formato que sirve para registrar el mantenimiento realizado al equipo o sistema. Este carnet consta de las siguientes partes. Ver figura 4.4.1

##### 4.4.1 **Partes que conforman el carnet de servicio.**

1. **Comunidad.** En este espacio se anota el nombre de la comunidad en donde se encuentra el equipo o sistema al que se le va a dar el mantenimiento preventivo.
2. **Características generales del equipo.** Aquí se anotan, de forma general, las características del equipo. Esto va a ayudar a determinar el tamaño del mismo y saber que material se va a utilizar y los repuestos que se requieren para hacer cambios cuando se requiera al realizar el mantenimiento.
3. **Numero asignado a la acción específica. (No).** Como se mencionó anteriormente, las acciones específicas se codifican con números para diferenciarlas de las acciones generales.
4. **La acción general.** Esta hace referencia al equipo o sistema que recibe el mantenimiento preventivo y se codifica con una letra y literalmente, es decir se escribe que equipo es. Por ejemplo el sistema de cloración se le asignó

la letra “E” y se escribe “*Mantenimiento Preventivo al Sistema de Cloración*”.

5. **Fecha programada.** En el carnet de servicio están asentadas las fechas en que se ejecutará el mantenimiento preventivo.
  
6. **Fecha de ejecución.** Es la fecha en que se ejecutó el mantenimiento preventivo. En algunas ocasiones por distintos motivos el mantenimiento no se pudo realizar en la fecha programada y se registra el día del mes en que se realizó o ejecutó el mantenimiento.
  
7. **Meses del año.** En la fila superior del carnet de servicio viene relacionado los meses del año, y en la fila de que le sigue se anota el día programado del mes, esto con el fin de ahorrar espacio y tiempo en el momento de registra la fecha de ejecución del mantenimiento.
  
8. **Firma del responsable.** En la parte inferior del carnet esta un espacio para que el encargado de la brigada que realiza el mantenimiento escriba su nombre y firme haciéndose responsable del mantenimiento realizado al equipo o sistema.

El carnet de servicio sirve de mucho al personal que realiza el mantenimiento preventivo y al responsable de realizar el programa de mantenimiento.

La persona encargada de realizar el mantenimiento le sirve para registrar cada una de las acciones específicas realizadas en el mantenimiento preventivo y anota el día del mes en que realizó dicho mantenimiento.

El encargado de realizar el programa de mantenimiento se basa de este carnet para programar el siguiente mantenimiento preventivo del equipo considerando las acciones específicas y la fecha en se ejecutó el mantenimiento preventivo.

**CARNET DE SERVICIO**

COMUNIDAD : CAALUNMIL      POZO No 1      CARACTERISTICAS GENERALES DEL EQUIPO: Arrancador ALLEN B/5HP/220V/TP

No.	ACCIONES A REALIZAR	M	E	S	F	M	A	J	M	J	A	S	O	A	S	O	N	O	D	S
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC							
A	<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO AL SISTEMA ELECTRICO</b>		7				7			7			8			8				8
1	VERIFICAR, DESMONTAR Y APLICAR DIELECTROL A LA BOBINA DEL ARRANCADOR																			
2	DEMONTAR NUCLEO DE LA BOBINA Y LIJAR Y LIMPIAR PLATINOS, APLICAR DIELECTROL																			
3	APLICAR DE FORMA GENERAL DIELECTROL AL EQUIPO DE PROTECCION Y CONTROL																			
4	RETIRAR TELARAÑAS, BASURA Y POLVO DE LOS EQUIPOS DE CONTROL Y PROTECCION																			
5	REAPRETAR TORNILLERIA DE CONEXIONES DE LOS EQUIPOS DE PROTECCION Y CONTROL																			
6	TOMAR LECTURAS DE VOLTAJE EN VACIO																			
7	VERIFICAR CORRECTA OPERACION DEL ARRANCADOR EN VACIO																			
8	RECORTAR QUINTAS RECALENTADAS Y CONECATAR CONDUCTORES DE ALIMENTACION AL EQUIPO																			
9	PONER EN OPERACION EL EQUIPO Y TOMAR LECTURA DE CORRIENTE																			
10	TOMAR LECTURAS DE VOLTAJE CON CARGA																			
11	AJUSTAR RELEVADOR DE ACUERDO A LA CORRIENTE OBTENIDA																			
12	VERIFICAR LA CORRECTA OPERACION DEL EQUIPO DE BOMBEO																			
13	TOMAR LECTURA DEL FACTOR DE POTENCIA.																			
14	MEDIR EL GASTO DEL EQUIPO DE BOMBEO																			
15	VERIFICAR QUE EL INTERRUPTOR DE SEGURIDAD OPERE CORRECTAMENTE																			
16	VERIFICAR QUE EL INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO OPERE CORRECTAMENTE																			
17	VERIFICAR QUE LOS CONDUCTORES SE ENCUENTREN PROTEGIDOS EN SU DUCTERIA																			
18	VERIFICAR QUE LAS TERMINALES DE LA BASE DE MEDICION NO SE ENCUENTREN SULFATADAS (PARA A RETIRAR SELLOS, PREVIO PERMISO A CFE) Y VERIFICAR QUE EL MEDIDOR DE CFE OPERE CORRECTAMENTE																			
REALIZO EL MANTENIMIENTO NOMBRE Y FIRMA																				

Figura 4.4.1. Partes que conforman el carnet de servicio.

#### 4.5 Generar de la orden de trabajo.

Para la generar la orden de trabajo se consulta el programa de mantenimiento mensual que es donde se establecen las fechas con más claridad ya que solo se muestran las fechas del mes en curso.

En la orden de trabajo aparecerá en principio la comunidad en donde se encuentra el equipo o sistema, el nombre del encargado de la brigada que hará el servicio de mantenimiento, y algo muy importante, las acciones que se van a realizar. Las acciones que se pondrán en la orden de trabajo son generales. Pueden mencionarse más de una acción general pues en la mayoría de las veces las fechas coinciden y para no generar una orden de trabajo por cada acción se mencionan en uno mismo.

Ahora cuando el servicio de mantenimiento es complejo y se necesita mucho tiempo solo se realiza una acción, un caso por ejemplo es cuando se tiene que realizar el mantenimiento preventivo a las bombas.

En la hoja de la orden de trabajo también hay un espacio en donde se anotarán las observaciones realizadas en el lugar. En algunas ocasiones por alguna circunstancia no se realiza alguna acción de mantenimiento en este caso se anotan las razones en las observaciones.

En caso que alguna acción de mantenimiento no se lleve a cabo se registra y se programa para otra fecha, siempre tratando que no se exceda por mucho de la fecha inicialmente programada y tratar de evitar al máximo el mantenimiento correctivo que es a lo que no se quiere llegar.

La orden de trabajo se le asigna al encargado de la brigada que realizará el mantenimiento preventivo junto con el carnet de servicio.

**Características de la orden de trabajo.**

1. Fecha en que se expide la orden.
2. Nombre de la comunidad donde se realizará el mantenimiento.
3. Nombre del responsable de la brigada que realizará el mantenimiento.
4. Relación de las acciones generales a realizar.

#### 4.6 Resumen.

**Diagrama de flujo** En un diagrama de flujo se muestran los pasos que se siguen para elaborar el programa sin tener que leer todo un documento, ya que de alguna manera resume el procedimiento a seguir y la forma en que opera el sistema o los pasos que sigue o interpretar una secuencia de instrucciones. Como se vio, el procedimiento que se siguió para elaborar el programa de mantenimiento consistió en ocho pasos

**Elaboración del sistema** El sistema de mantenimiento preventivo se diseñó y elaboró en una hoja de cálculo Excel, por ser este más práctico y además se encuentra en la mayoría de las computadoras.

Para mejor comprensión y manejo del sistema, se hizo un programa general que comprende todo el año, y un programa mensual.

**Programa General** El programa general abarca el mantenimiento preventivo que se realizará durante todo el año. Para ahorrar tiempo y espacio, en este programa solo se utilizaron las claves de las acciones generales y para indicar la fecha en que se ejecutará el mantenimiento en determinada

comunidad y a determinado equipo o sistema solo se muestra el día del mes en que llevará a cabo.

**- Estructura del Programa General**

El programa esta conformado por las siguientes partes.

8. Responsable del módulo.
9. La comunidad.
10. Los meses.
11. Las acciones generales programadas.
12. El día del mes o fecha en que se realizará el mantenimiento.
13. El total de veces en que realizará cada una de las acciones por comunidad.
14. La suma de los totales para tener un estimado de cuantas veces se realizará la acción en todas las comunidades.

**Programa Mensual**

El programa mensual, como su nombre lo indica, es el programa de mantenimiento que se realizará solo en un mes. En este solo aparecerá las acciones generales y las fechas en que se ejecutara el mantenimiento durante ese mes, sin embargo solo se muestra el día del mes y no en

la forma Día/Mes/ Año.

**- Estructura del Programa Mensual**

Al igual que le programa general, el programa mensual esta dividido por partes a saber:

1.- En principio se muestra el nombre del responsable de la brigada.

2.- En la siguiente columna se relacionan las comunidades que conforman el modulo.

3.- En la fila superior se muestra el mes y el año que corresponde.

4.- En la siguiente fila se muestran las claves de las acciones generales.

5.- Después se muestran los días del mes en que se realizara el mantenimiento. Este dato se muestra debajo de la acción general y la comunidad que le corresponde.

6.- A un costado se deja un espacio para anotar las observaciones que se haga mas adelante.

7.- Debajo del programa mensual se escriben las claves de las acciones generales y su significado.

**Carnet de Servicio** El carnet de servicio es un formato que sirve para registrar el mantenimiento realizado al equipo o sistema.

Este carnet consta de las siguientes partes:

1. Comunidad.
2. Características generales del equipo.
3. Numero asignado a la acción específica.  
(No).
4. La acción general.
5. Fecha programada.
6. Fecha de ejecución.
7. Meses del año.
8. Firma del responsable.

**Orden de Trabajo** La orden de trabajo es documento que se le proporciona al encargado o responsable de la brigada. En la orden de trabajo aparece el nombre de la comunidad donde se realizará el mantenimiento, y las acciones generales.

Características de la orden de trabajo.

5. Fecha en que se expide la orden.

6. Nombre de la comunidad donde se realizará el mantenimiento.
7. Nombre del responsable de la brigada que realizará el mantenimiento.
8. Relación de las acciones generales a realizar.

## Conclusión.

Es imprescindible que para que una institución o empresa de cualquier índole funcione adecuadamente, necesita de una buena organización y de programas y sistemas de operación para poder lograr sus metas u objetivos.

El Organismo Operador de Othón P. Blanco es el encargado de suministrar agua potable a todas las comunidades pertenecientes al Municipio Othón P. Blanco, y entre sus objetivos es brindar el mejor servicio a todos y cada uno de los usuarios, sin embargo el lograrlo no es nada sencillo pues se requiere de programas de mantenimiento y sistemas para lograrlo.

El municipio de Othon P. Blanco cuenta con 96 comunidades, para poder realizar el programa de mantenimiento preventivo se dividió en 5 módulos, por cada módulo se formó una brigada encargada de realizar el mantenimiento a los sistemas y equipos de cada una de las comunidades que conforman el módulo.

Para reunir información referente a los equipos con que se cuenta se revisaron los archivos para registrar los datos y características de cada uno de ellos. Otro trabajo que se hizo antes de elaborar el programa de mantenimiento preventivo fue establecer los criterios de mantenimiento considerando los manuales de operación y experiencia de los ingenieros y mecánicos que realizan el mantenimiento a los equipos.

Ya establecidos los criterios de mantenimiento se buscó la manera de elaborar un programa de mantenimiento preventivo, de tal forma que sea práctico y fácil de interpretar. Para tal fin se realizó un programa de mantenimiento anual y otro mensual, en el primero se consideran el número de mantenimientos que recibirán todos y cada uno de los equipos al año, tomando en cuenta las fechas (mes y día) en que se ejecutara cada acción; el programa de mantenimiento mensual solo contempla las acciones que se llevaran a cabo durante el mes correspondiente y la ventaja que presenta es que muestra por separado las fechas en las que se brindará el servicio a cada equipo, sin embargo el programa de mantenimiento preventivo anual sirve para determinar la cantidad de material y herramienta que se utilizará para brindar el mantenimiento durante el año y con base a ello hacer el presupuesto.

Para asentar y llevar un registro del mantenimiento realizado se utilizó las tarjetas de servio o carnet de servicio. Cada uno de los equipos cuenta con su tarjeta, en ellas se relacionan las acciones específicas que se deben realizar al brindar el servicio de mantenimiento y las fechas en deben recibir el servicio, entre otras cosas la tarjeta servirá para programar el siguiente mantenimiento.

El programa ha ayudado en mucho en mejorar del servicio del suministro de agua potable en las comunidades del municipio de Othón P. Blanco pues el tener un programa de mantenimiento preventivo ha servido en mucho para que los sistemas de bombeo de agua potable operen mejor que anteriormente.

### Referencia bibliográfica.

1. A.K Mahalanbis 1987 Introducción a la ingeniería de sistemas. . Editorial Limusa. México.
2. Claudio Mataix 1982 Mecánica de fluidos y Máquinas Hidráulicas. 2ª edición. México.
3. David M. Stipanuk. Harold Roffmann. Hospitality Facilities Management and Desin. Editorial Educational Institute AH &MA.
4. Edward V. Introducción a la ingeniería y al diseño en la ingeniería. 2ª edición. Krick. Editorial Limusa.
5. <http://es.wikipedia.org/wiki/Motor>.
6. Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo.
7. Roberto C. Rosales. 2002. Editorial Manual del ingeniero de planta. Tomo 1. 2ª edición. Mc Graw Hill.
8. Stephen J. Chapman. 1998Máquinas eléctricas 2ª edición.
9. (<http://aguadecalidad.com/id34.htm>)
10. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Motor>)