

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE
MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN EL ANÁLISIS
VIBRACIONAL PARA UN SISTEMA DE AGUA POTABLE”**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO

RICHARD ERLAND TORRES PALACIOS

PROMOCIÓN 1996 – II

LIMA – PERÚ

2 003

Dedico este trabajo a mis padres
Doni Torres Coterá
Teodolinda Palacios Meza
y a mis hermanas Maritza y Edith
por el amor y el apoyo que me brindan

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	4
1.1 Generalidades	4
1.2 Alcance	6
1.3 Objetivos	7
CAPÍTULO II. SISTEMA DE AGUA POTABLE	8
2.1 Descripción General	8
2.2 Esquemas de Abastecimiento	10
2.2.1 Zona de Abastecimiento	10
2.2.2 Fuentes de Abastecimiento	11
2.2.3 Esquemas de Abastecimiento	12
2.3 Aspectos Generales de una Estación de Bombeo	14
2.3.1 Estructura de una estación típica de bombeo	15
2.3.2 Equipos de una estación típica de bombeo de agua potable	16
2.3.2.1 Bombas	17
2.3.2.2 Motor Eléctrico	18
2.3.2.3 Tablero Eléctrico	20
2.3.2.4 Banco de Condensadores	20
2.3.2.5 Línea de Descarga	20

2.3.2.6	Línea de Succión	23
2.3.2.7	Equipo de Cloración	24
CAPÍTULO III. FUNDAMENTOS DEL ANÁLISIS VIBRACIONAL		25
3.1	Definición	26
3.2	Causas de la Vibración	27
3.3	Características de la Vibración	28
3.3.1	Frecuencia de vibración	29
3.3.2	Fase	30
3.3.3	Desplazamiento	31
3.3.4	Velocidad	32
3.3.5	Aceleración	32
3.3.6	Mediciones de vibración en energía de impulsos	32
3.4	Instrumentación	33
3.4.1	Transductores	33
3.4.1.1	Transductores de Desplazamiento	34
3.4.1.2	Transductores de Velocidad	35
3.4.1.3	Transductor de Aceleración	36
3.4.2	Resonancia de los transductores	37
3.4.3	Fijación de los transductores	38
3.4.4	Medidores de Vibración	40
3.4.5	Analizadores de Vibración	41
3.5	Problemas Comunes en Equipos de Bombeo	43
3.5.1	Fuerzas Hidráulicas	43

3.5.2	Cavitación	44
3.5.3	Recirculación	45
3.5.4	Turbulencia	46
3.5.5	Desalineamiento	46
3.5.6	Desbalance	47
3.5.7	Excentricidad	48
3.5.8	Partes flojas	48
3.5.9	Rodamientos	49
3.5.10	Fallas Eléctricas	52
CAPÍTULO IV. DISEÑO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO		54
4.1	Parámetros de Diseño	54
4.2	Selección de Equipos a ser incluidos en el Programa	55
4.3	Definición de Niveles Aceptables de Medición	57
4.4	Establecimiento de Rutas de Medición	60
4.4.1	Puntos de medición en los equipos	60
4.4.2	Frecuencias de Inspección	65
4.4.3	Ubicación geográfica de los equipos	65
4.5	Selección de Instrumentos y otros Requerimientos	66
4.5.1	Analizador de Vibraciones	67
4.5.2	Analizador Balanceador	68
4.5.3	Termómetro Infrarrojo	70
4.5.4	Computadora Personal	70

4.5.5	Camioneta Doble Cabina	71
4.6	Personal para Mantenimiento Predictivo	71
4.6.1	Ingeniero de Mantenimiento Predictivo	71
4.6.2	Técnico Especializado	72
4.7	Estructura Final del Programa	72
CAPÍTULO V. IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA		74
5.1	Estado Inicial de los Equipos	74
5.2	Acciones Correctivas	76
5.3	Sistema de Control por Plantas	81
5.4	Verificación y Mejora Continua del Programa	84
CAPÍTULO VI. EVALUACIÓN ECONÓMICA		87
6.1	Determinación del Costo de Mantenimiento Predictivo	87
6.1.1	Inversión para el Área de Mantenimiento Predictivo	88
6.1.2	Mantenimiento Predictivo por Terceros	89
6.2	Determinación de Ahorros por Aplicación	90
6.3	Evaluación Costo Beneficio	91
6.3.1	Retorno de la inversión	92
6.3.2	Período de devolución	92
CONCLUSIONES		93
BIBLIOGRAFÍA		95
APÉNDICE		

PRÓLOGO

El presente Informe de Suficiencia se basa en la experiencia alcanzada en el diseño e implementación del mantenimiento predictivo en los equipos de bombeo de agua potable ubicados en el cono norte de la ciudad de Lima y administrados por SEDAPAL a través de la Gerencia de Servicios Norte.

El objetivo que persigue este informe es mostrar la metodología seguida para el diseño e implementación del mantenimiento predictivo en equipos de bombeo basado en el análisis vibracional y señalar los beneficios de la misma como son la reducción de los costos de mantenimientos correctivos no programados y el aseguramiento óptimo del abastecimiento del agua potable.

El presente informe esta constituido por seis capítulos. En el Primer Capítulo se menciona en forma general el desarrollo del análisis vibracional y se indica el alcance y los objetivos del informe.

El Segundo Capítulo describe el sistema de agua potable a cargo de la Gerencia de Servicios Norte de la empresa SEDAPAL. Este capítulo es subdividido en tres puntos importantes como Descripción General, Esquemas de Abastecimiento y Aspectos Generales de una Estación de Bombeo. En este capítulo describimos brevemente a la empresa SEDAPAL

y mencionamos como y con que equipos se abastece de agua potable al cono norte de Lima.

El Tercer Capítulo abarca los fundamentos teóricos del análisis vibracional, subdividido en cinco puntos importantes como son: Definición, Causas de la Vibración, Características de la Vibración, Instrumentación y Problemas Comunes en Equipos de Bombeo. Cada uno de estas subdivisiones esta descrita de forma resumida y concreta de tal manera que el lector este familiarizado con estos conceptos.

El Cuarto Capítulo es un punto importante por lo que trata del Diseño del Programa de Mantenimiento Predictivo, por lo tanto he creído conveniente subdividir este capítulo en siete partes, las cuales son: Parámetros de Diseño, Selección de Equipos a ser Incluidos en el Programa, Definición de los Niveles Aceptables de Medición, Establecimiento de Rutas de Medición, Selección de Instrumentos y otros Requerimientos, Personal de Mantenimiento Predictivo y Estructura Final del Programa.

El Quinto Capítulo describe lo referente a la Implementación del Programa de Mantenimiento Predictivo diseñado en el capítulo anterior, esta subdividido en cuatro puntos importantes como lo son: Estado Inicial de los Equipos, Acciones Correctivas, Sistema de Control por Plantas y Verificación y Mejora Continua del Programa.

El último capítulo es respecto a la Evaluación Económica de la Implementación del Programa de Mantenimiento Predictivo, esta subdividida en Determinación del Costo de Mantenimiento Predictivo, Determinación de Ahorros por Aplicación y la Evaluación Costo Beneficio. El objetivo de este capítulo es mostrar los ahorros y el beneficio económico obtenido de la implementación del mantenimiento predictivo.

Finalmente, deseo manifestar mi agradecimiento al personal del Equipo de Operación y Mantenimiento Electromecánico Norte - SEDAPAL y del Consorcio DHH por su apoyo en la realización de este Informe de Suficiencia.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

El mantenimiento predictivo es la tecnología que permite determinar el estado de funcionamiento de la máquina sin necesidad de interrumpir su proceso, lográndose menores gastos en recambios y mano de obra, mayor disponibilidad de producción y mejoras en la seguridad de los trabajadores.

Algunas herramientas usadas en mantenimiento predictivo son: análisis de aceite, termografía, monitoreos ultrasónicos, inspecciones visuales, mediciones eléctricas y análisis de vibración. En el presente Informe de Suficiencia nos enfocamos al análisis vibracional porque proporciona la mayor parte de los problemas de las máquinas y por lo tanto es la mejor base para soportar un enfoque predictivo.

El empleo del análisis vibracional como método de mantenimiento predictivo en máquinas rotativas es una técnica que lleva siendo empleada con éxito

desde hace muchos años en la industria. Al principio solo se utilizó de forma limitada, debido a los requisitos de procesamiento de señal necesarios para realizar un análisis completo. Sin embargo, fue a partir de la década de los años 80 cuando, con los avances realizados en la industria de la informática, comenzó su aplicación generalizada en gran parte de las instalaciones industriales.

Desde entonces ha habido grandes avances en las prestaciones de los equipos de mantenimiento predictivo, tanto en sus capacidades de análisis, como en su facilidad de uso. Sin embargo, la metodología de trabajo ha continuado siendo muy similar. Las máquinas incluidas en un plan de mantenimiento predictivo son medidas periódicamente, siendo sólo las máquinas especialmente críticas las que se monitorizan continuamente. La revolución que se está produciendo en estos últimos años con las tecnologías de la información, ha afectado también al mantenimiento predictivo, y se han desarrollado nuevas tendencias en la toma y análisis de los datos de vibración.

SEDAPAL es una empresa estatal de derecho privado, íntegramente de propiedad del Estado, a cargo del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, concedora de los beneficios del análisis vibracional y con el fin de alcanzar sus objetivos empresariales de asegurar la disponibilidad de los servicios de agua potable y alcantarillado, mejorar la calidad de los

servicios y mejorar la eficiencia económica y financiera; ha implementado el mantenimiento predictivo en sus áreas de operación.

Es así como, en la Gerencia de Servicios Norte se ha implementado un Programa de Mantenimiento Predictivo basado principalmente en el análisis vibracional desde el año 2002; de esta manera SEDAPAL contribuye al mejoramiento de la calidad de vida de la población y administrar eficientemente el recurso agua.

1.2 Alcance

El alcance del programa de mantenimiento predictivo incluye a los equipos de bombeo de agua potable que operan en cámaras de rebombeo y pozos profundos ubicados en el ámbito de acción de la Gerencia de Servicios Norte que comprende los siguientes distritos de la ciudad de Lima: Rímac, San Martín de Porras, Independencia, Los Olivos, Comas, Carabayllo, Puente Piedra, Callao, Bellavista, Carmen de la Legua, La Perla, La Punta, Ventanilla, Santa Rosa y Ancón.

El Programa de Mantenimiento Predictivo, se basa en el análisis vibracional y la condición de los equipos de bombeo se determina a través de la NORMA ISO 2372.

1.3 Objetivos

El objetivo del presente estudio es mostrar una metodología de diseño e implementación y demostrar que la aplicación del Programa de Mantenimiento Predictivo va incrementar la efectividad de las cámaras de rebombeo y de los pozos, disminuirá los costos por mantenimiento correctivo no programados, garantizará el abastecimiento óptimo de agua potable y la administración eficiente del recurso agua.

CAPÍTULO II

SISTEMA DE AGUA POTABLE

2.1 Descripción General

SEDAPAL es una empresa estatal de derecho privado, encargada de brindar los servicios de producción y abastecimiento de agua potable, así como la evacuación y disposición final de las aguas servidas en las provincias de Lima y Callao, con una población estimada de 7'500,000 habitantes, que representa el 30% del total de la población del país.

MISIÓN

“Contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población, administrando eficientemente el recurso agua y la adecuada recolección y disposición final de aguas servidas, controlando la preservación del medio ambiente”.

VISIÓN

“Ser Líderes, en Latinoamérica, en servicios de agua y alcantarillado”

Las principales fuentes de abastecimiento con que cuenta SEDAPAL para la potabilización del agua son el Río Rímac, el Río Chillón y las Aguas Subterráneas que se encuentran en el subsuelo de la ciudad.

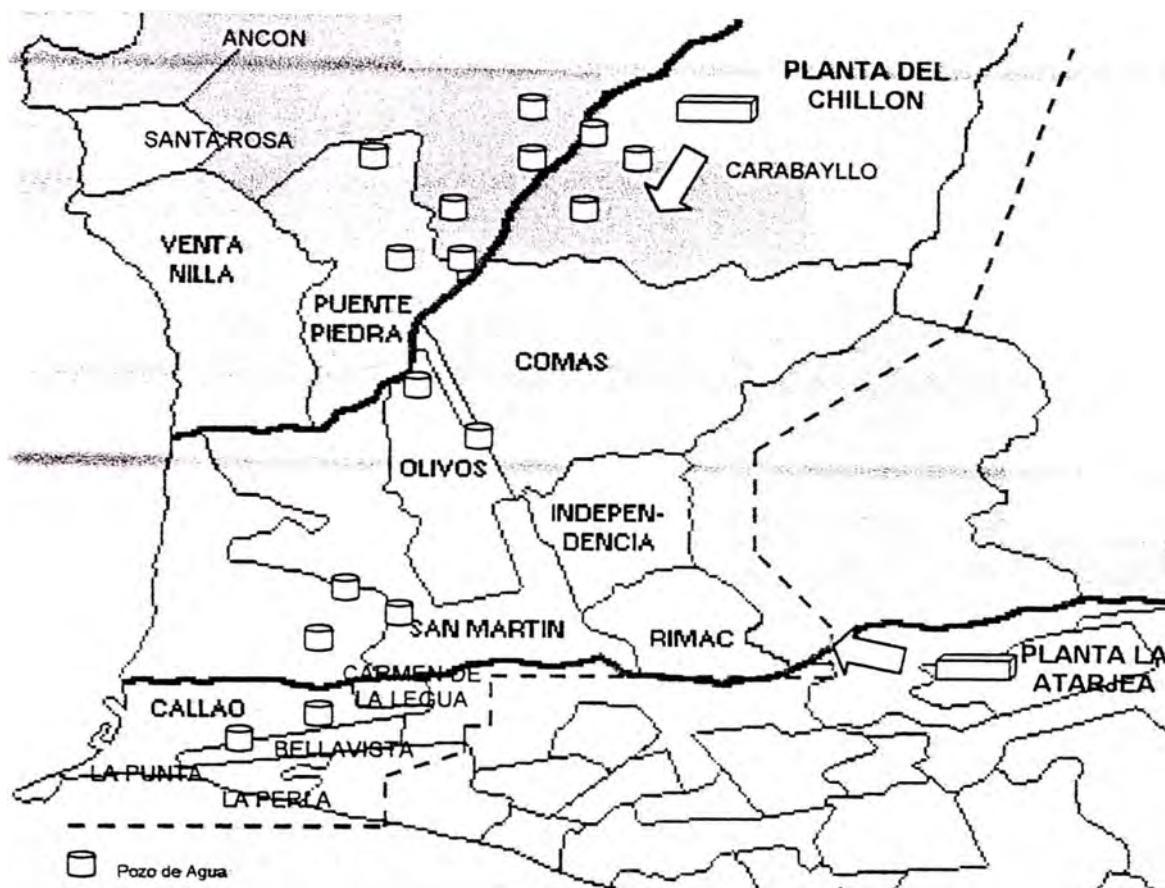


Figura 2.1 Fuentes agua potable para los distritos del cono norte de Lima

La operación y mantenimiento de la planta de la Atarjea depende de la Gerencia de Operaciones, en tanto que la distribución de agua potable, recolección de aguas residuales, operación y mantenimiento de las redes y equipos dependen de la Gerencia de Servicios Norte(GSN), Gerencia de Servicios Centro(GSC) y la Gerencia de Servicios Sur(GSS).

En nuestro caso de estudio: la Gerencia de Servicios Norte; la operación y mantenimiento de los equipos electromecánicos esta a cargo del Equipo de Operación y Mantenimiento Electromecánico Norte (EOME-N).

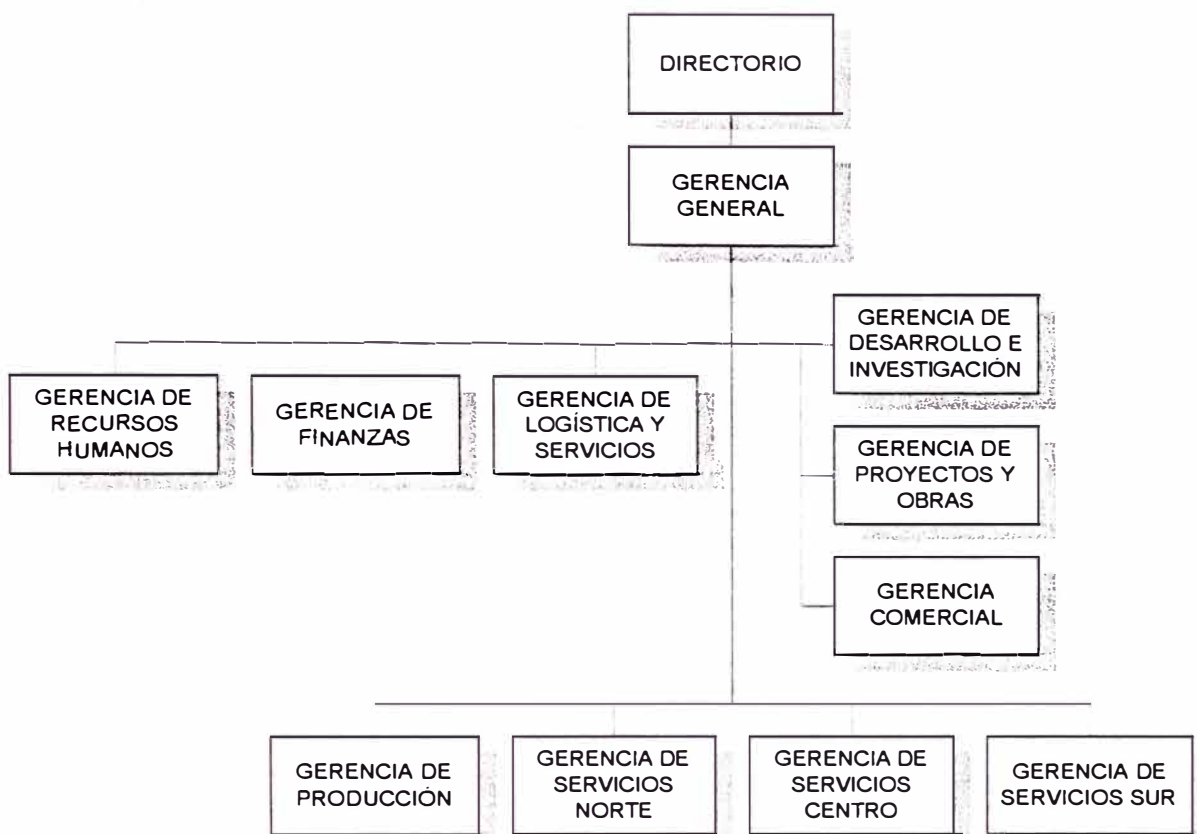


Figura 2.2 Organigrama principal de SEDAPAL

2.2 Esquemas de Abastecimiento

2.2.1 Zona de Abastecimiento

El ámbito de acción de la Gerencia de Servicios Norte comprende los siguientes distritos, administrados por su respectivo Centro de Servicios:

Centro de Servicios Comas: Ubicado en la Av. Víctor A. Belaúnde Oeste Cdra.5 Urb. El Retablo - Comas. Comprende los distritos del Rímac, San Martín de Porras, Independencia, Los Olivos, Comas, Carabayllo y Puente Piedra.

Centro de Servicios Callao: Ubicado en la Av. Guardia Chalaca N° 1131 Callao. Comprende los distritos Cercado del Callao, Bellavista, Carmen de la Legua, La Perla, La Punta, Ventanilla, Santa Rosa y Ancón.

2.2.2 Fuentes de Abastecimiento

Los distritos administrados por la GSN, tiene las siguientes fuentes de abastecimiento de agua potable:

Planta de Tratamiento de La Atarjea: suministra a la Gerencia de Servicios Norte una producción mensual promedio de 12'700,000 m³.



Figura 2.3 Planta de Tratamiento de la Atarjea

Planta de Tratamiento del Chillón: suministra a la Gerencia de Servicios Norte una producción mensual promedio de 3'300,000 m³. Esta planta esta en concesión por 28 años a cargo del Consorcio Agua Azul desde el año 2002.

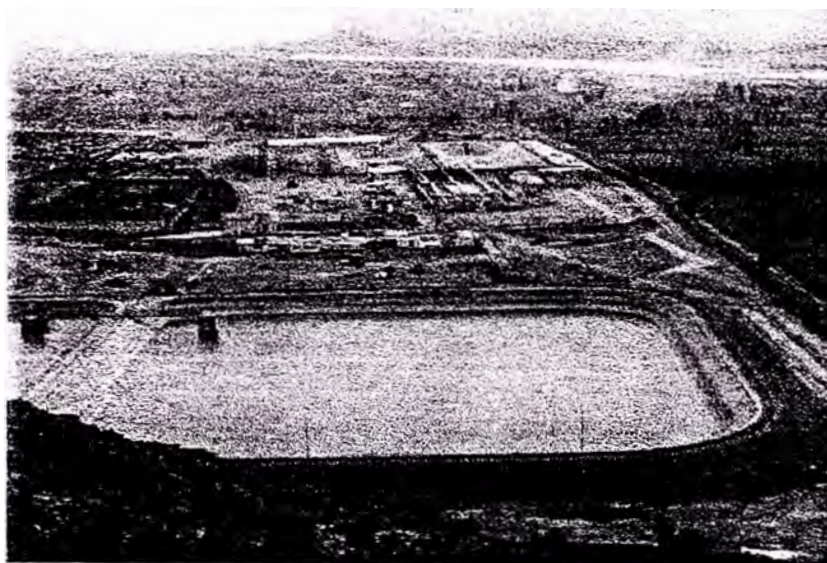


Figura 2.4 Planta de Tratamiento del Chillón

Agua subterránea: constituido por 175 pozos debidamente equipados con su sistema de bombeo y cloración. La producción mensual promedio es de 3'000,000 m³.

2.2.3 Esquemas de Abastecimiento

La distribución de agua potable en la Gerencia de Servicios Norte se realiza a través de tres esquemas típicos:

Directo: A través de la plantas de tratamiento de la Atarjea y el Chillón.

Pozos: En zonas que no son abastecidas por las plantas de tratamiento se usan pozos que extraen agua subterránea y la bombean a un reservorio

elevado, para abastecer por gravedad a la población. Este tipo de esquema lo tienen principalmente los distritos de Puente Piedra y el Callao.

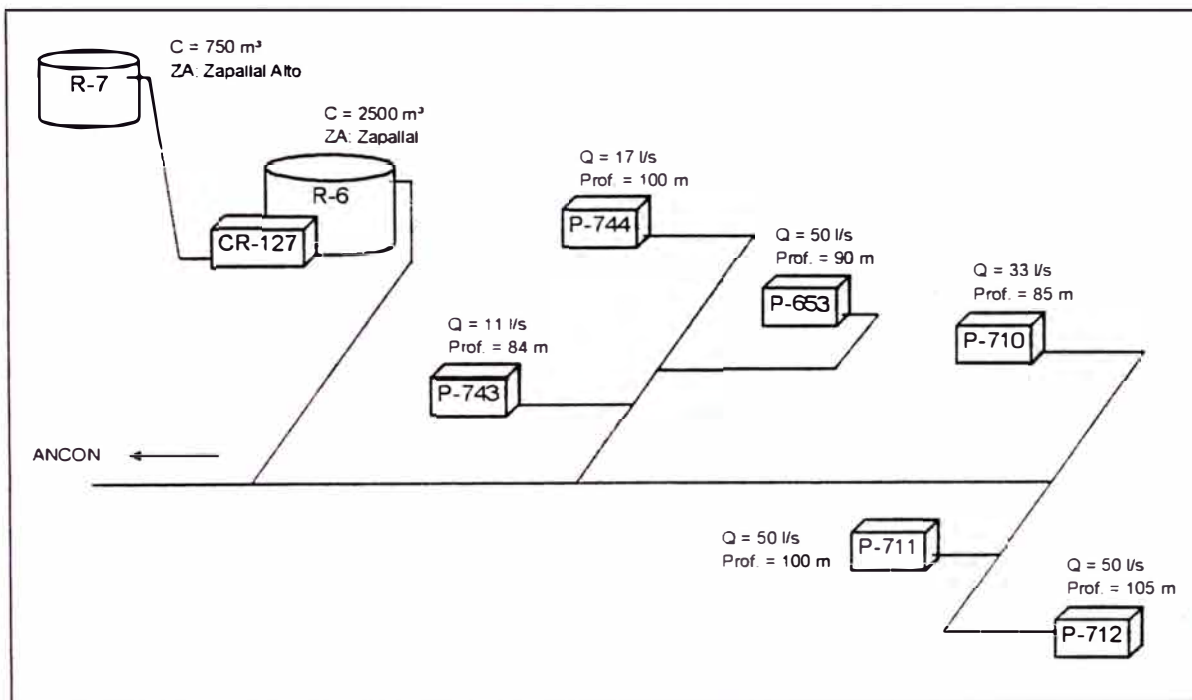


Figura 2.5 Esquema de abastecimiento de Zapallal

Cámaras de Rebomdeo: En zonas donde la presión del agua no es suficiente para llegar a las partes altas, el abastecimiento se realiza a través de cámaras de rebomdeo. Este esquema lo tienen principalmente las partes altas de los distritos de Carabayllo, Comas, Independencia, Puente Piedra y el Rímac.

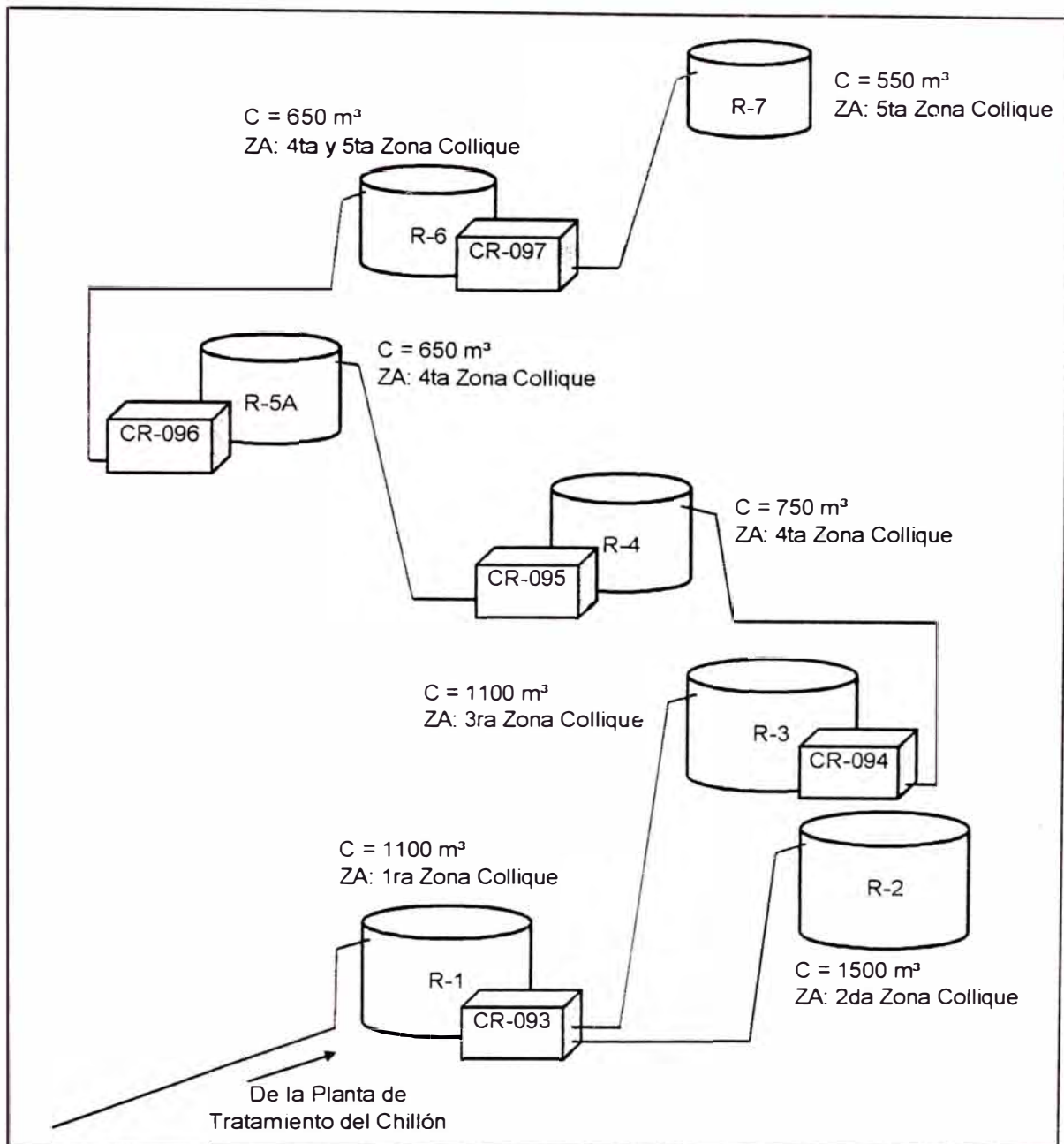


Figura 2.6 Esquema de abastecimiento de Collique a través de cámaras de rebombeo

2.3 Aspectos Generales de una Estación de Bombeo

Las estaciones de bombeo para el abastecimiento de agua potable son: pozos y cámaras de rebombeo.

2.3.1 Estructura de una estación típica de bombeo

Una estación de bombeo consta de tres ambientes:

a) *La Sala de Máquinas.* Ambiente diseñado para la ubicación de los equipos mecánicos, eléctricos e hidráulicos que permiten la extracción o rebombeo del agua. En este ambiente se encuentran las bombas, motores, tableros eléctricos, bancos de condensadores y accesorios hidráulicos. La operación de los equipos puede ser en forma manual o automática.

b) *La Sala de Cloración.* Compartimiento destinado a la ubicación de los balones de gas cloro y una balanza que permitirá controlar el peso de cada uno de los balones antes de proceder a su cambio. Las cámaras de rebombeo de agua no tienen este ambiente. Debido a que el agua que rebomban esta clorada.

c) *Cuarto del Operador.* Compartimiento destinado para el operador de los equipos.

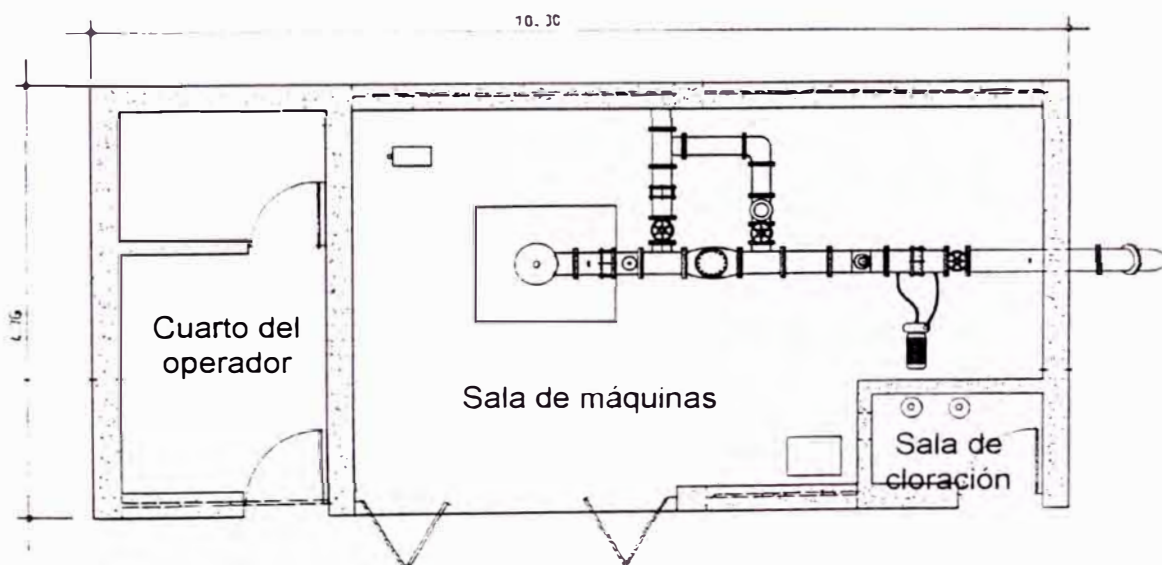


Figura 2.7 Layout de un pozo típico

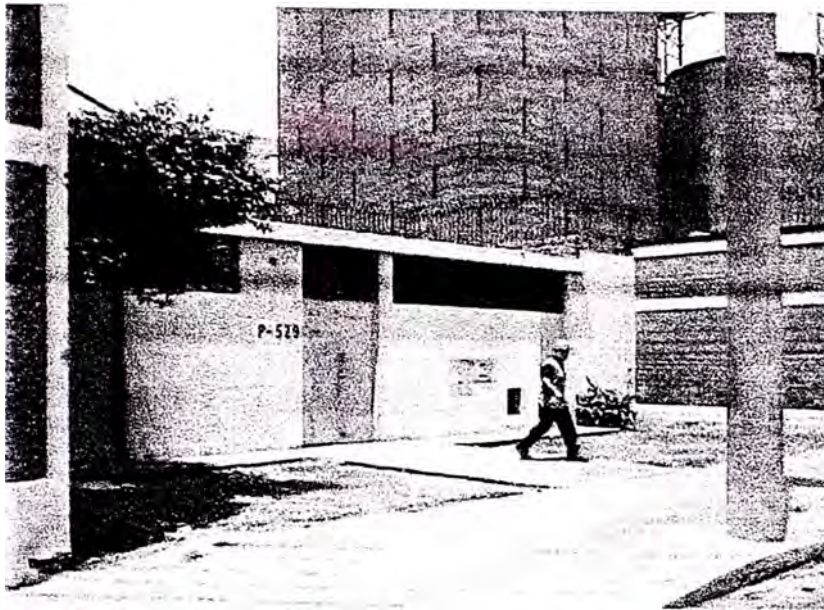


Figura 2.8 Vista frontal del pozo P-529

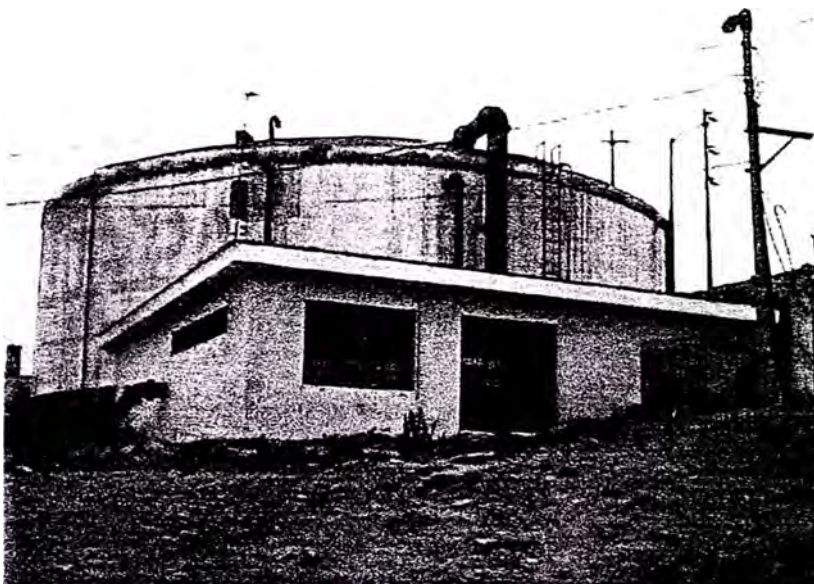


Figura 2.9 Cámara de rebombeo CR-127

2.3.2 Equipos de una estación típica de bombeo de agua potable

Una estación de bombeo tienen los siguientes equipos:

2.3.2.1 Bombas

Son usadas para impulsar el agua. En SEDAPAL se tiene los siguientes tipos de bomba:

a) Bombas de eje vertical. En este caso la bomba se introduce en el pozo y el motor para su accionamiento queda fuera del mismo. La fuerza motriz se transmite a la bomba mediante un eje vertical. Todo este equipo de bombeo es soportado por un elemento llamado linterna, que sirve como base del motor eléctrico. Este tipo de bomba también es usado en las cámaras de rebombeo

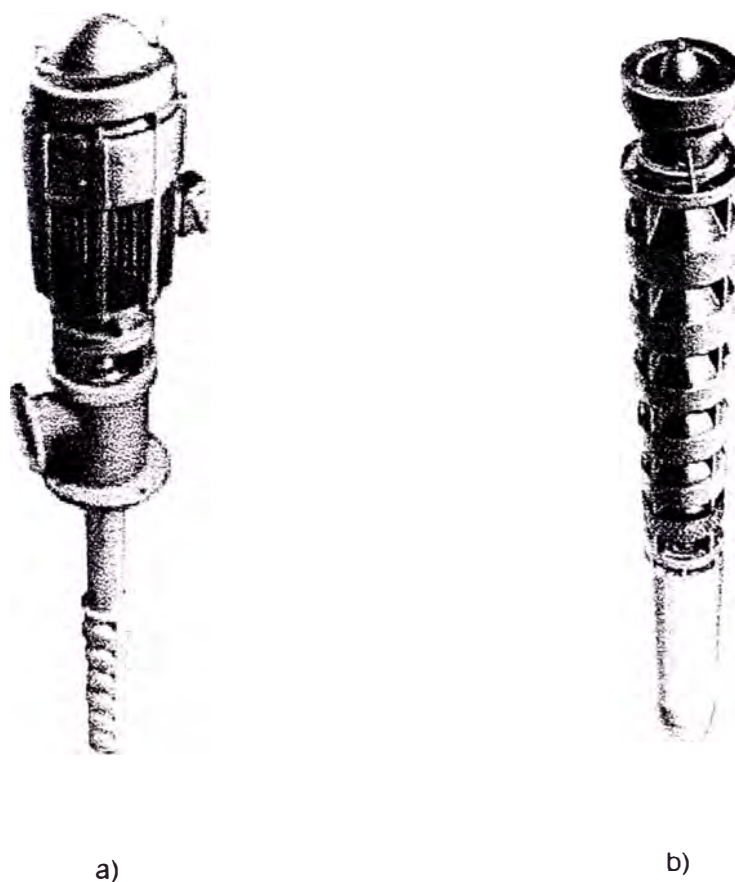


Figura 2.10 a) Bomba de eje vertical y b) bomba con motor sumergido

b) Bombas con motor sumergido. Son utilizados en pozos muy profundos, donde es necesario tener el motor muy cerca de la bomba dentro del pozo.

c) Bombas centrífugas de eje horizontal y electrobombas horizontales, son utilizadas en las cámaras de rebombeo.

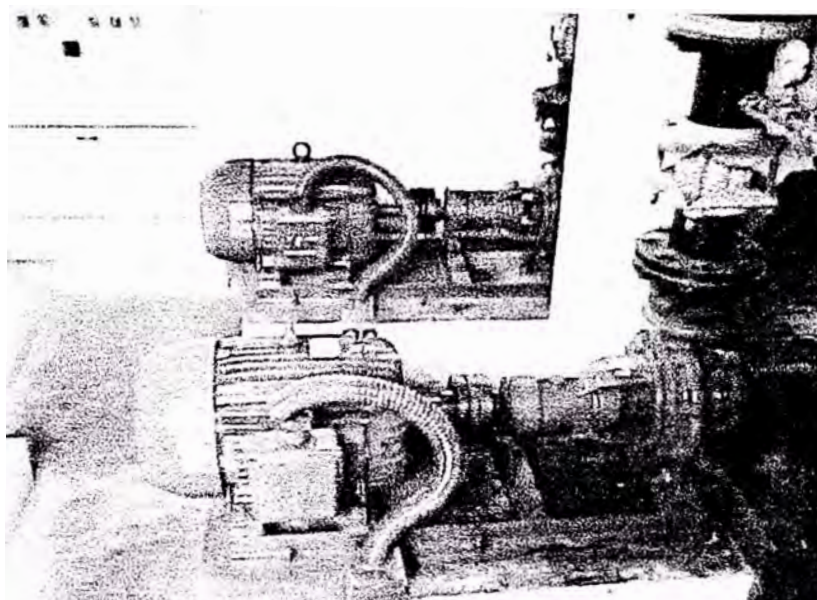


Figura 2.11 Bombas centrífugas horizontales (CR-102)

2.3.2.2 Motor Eléctrico

Se emplean con frecuencia para propulsar de manera simple y eficiente las bombas. Esta compuesto por una parte fija llamada carcasa, que contiene grupos de bobinas y una parte móvil o armadura, la misma que al atravesar el campo magnético ocasiona el giro. Los tipos utilizados por SEDAPAL son:

a) De eje vertical:

Motor eléctrico convencional, debe ser de intemperie vertical de eje hueco y jaula de ardilla del tipo de inducción. Deber tener el tamaño y capacidad adecuados para operar la bomba respectiva, en forma continua durante 24 horas y de factor de servicio de 1.10 ó 1.15.

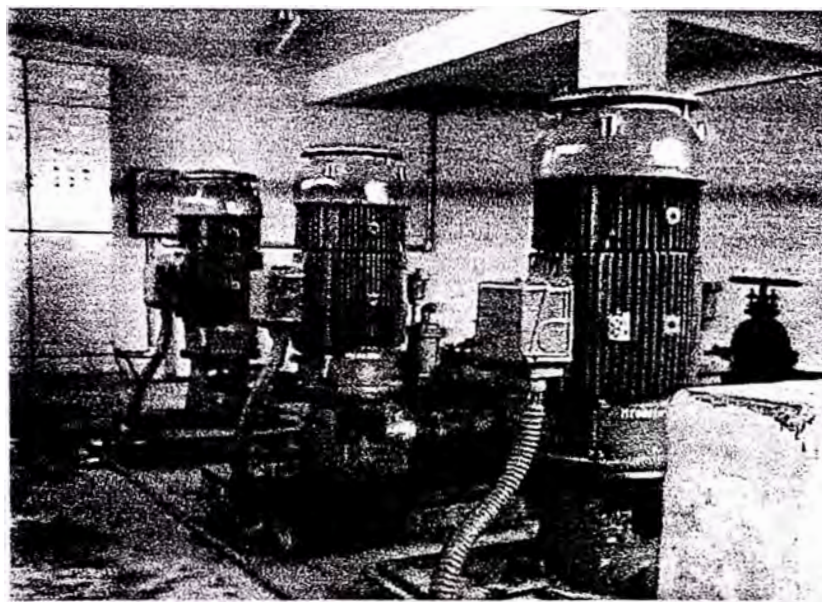


Figura 2.12 Motor eléctrico de eje vertical (CR-094)

Motor eléctrico sumergible, para las bombas sumergibles, serán del tipo rebobinables. Estos motores están herméticamente protegidos para protegerlos de la acción del agua.

b) De eje horizontal, usados en las cámaras de rebombeo de agua potable.

2.3.2.3 Tablero Eléctrico

Es una panel que tiene equipos eléctricos como: sistema de control, protección, mando, señalización y medición para la operación adecuada de los equipos de bombeo.

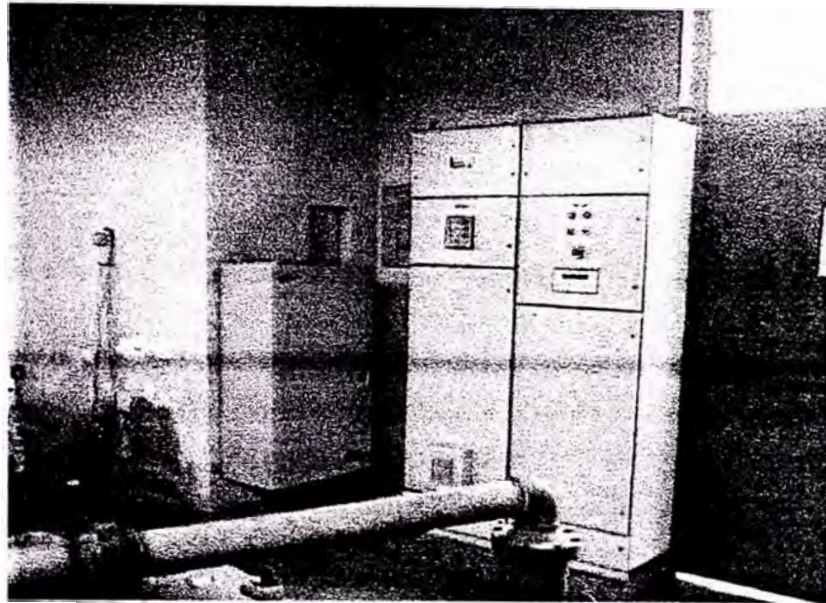


Figura 2.13 Banco de condensadores y Tablero eléctrico (P-570)

2.3.2.4 Banco de Condensadores

Su finalidad es corregir el factor de potencia del sistema, disminuyendo el consumo de energía reactiva de la empresa concesionaria, en nuestro caso EDELNOR. Con esto se obtiene una reducción en la facturación.

2.3.2.5 Línea de Descarga

Los pozos y las cámaras de rebombeo tienen una serie de accesorios hidráulicos para permitir el adecuado abastecimiento de agua y proteger a los equipos de bombeo ante paradas imprevistas.

A continuación se detalla los accesorios de la línea de descarga típica en un pozo; en una cámara de rebombeo es similar, si existen varios equipos tienen generalmente una línea de descarga común.

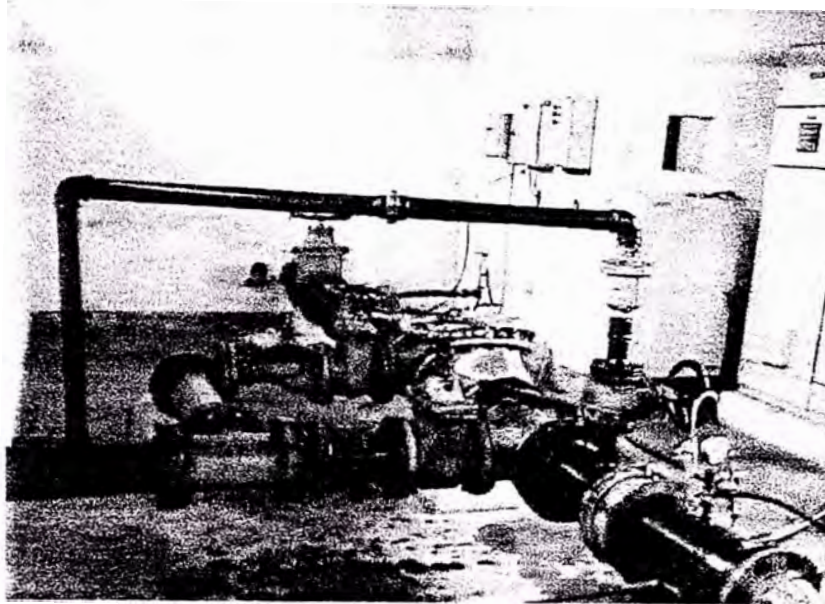


Figura 2.14 Línea de descarga del pozo P-580

a) *Unión flexible tipo Dresser*, dispositivo instalado entre la linterna y la válvula check, el cual permite desmontar fácilmente la bomba.

b) *Línea de aire*, instalado antes de la válvula check, su función es expulsar el aire que succiona la bomba antes de comenzar a extraer el agua, evitando que el aire ingrese a la tubería de impulsión. De igual manera cuando el equipo deje de funcionar se produce un vacío en el pozo permitiendo dicha válvula el ingreso de aire para contrarrestar el vacío producido durante la succión del agua.

El sistema está compuesto por una válvula compuerta y una válvula de aire diseñado en su interior con un flotador especial.

c) *Válvula check*, válvula que cuenta en su interior con una lengüeta que solo funciona en sentido de la descarga, de tal manera que opera su apertura cuando la presión del agua bombeada empuja a esta y cierra automáticamente cuando cesa la presión de bombeo y la presión del agua que retorna a la tubería de impulsión es ejercida sobre la lengüeta.

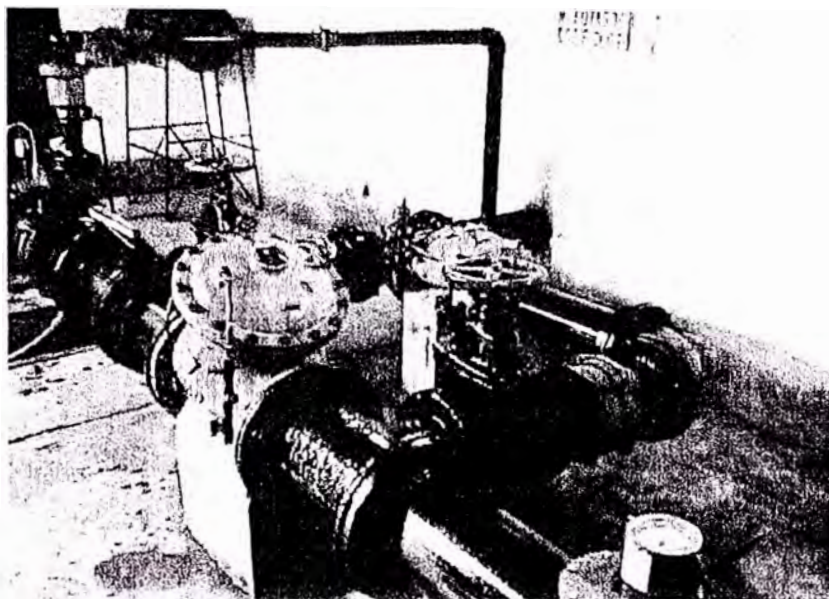


Figura 2.15 Válvula check y línea de purga y alivio (P-582)

d) *Línea de purga*, sistema que se instala para efectuar bombeos a la línea de desagüe, cuando se requiere hacer pruebas del pozo y eliminar impurezas o turbidez del agua antes de enviarse a la red de consumo. Esta compuesta por una tubería después de la válvula check, cuenta con una válvula compuerta que permanece cerrada.

e) *Línea de alivio*, permite aliviar la presión en la tubería de impulsión, enviando a la purga el agua que excede a la presión calculada para

soportar la tubería principal. Compuesta por una válvula especial, regulada con un margen por encima de la presión normal de la red, asimismo, tiene una válvula compuerta que siempre debe estar abierta.

f) *Válvula compuerta*, instalada en la línea de impulsión, su misión es la de cerrar o abrir el pase del agua desde el equipo de bombeo hacia la red.

g) *Instrumentos de medición hidráulica*, se tiene los siguientes:

Medidor de caudal, dispositivo de medición que contabiliza la cantidad de agua que produce el pozo durante su funcionamiento. Se tiene los tipo mariposa y los electromagnéticos digitales.

Manómetros, instrumento que sirve para indicar la presión que ejerce el agua en el sistema.

2.3.2.6 Línea de Succión

Los pozos tienen una canastilla para evitar la succión de suciedades.

Las cámaras de rebombeo a parte de la válvula de pie tienen una válvula compuerta y su respectiva unión flexible tipo Dresser así como un manómetro de control.

2.3.2.7 Equipo de Cloración

Esta constituido por los siguientes componentes: clorador, inyector, electrobomba y cilindros de gas cloro. El objetivo del equipo de cloración es inyectar cloro en la proporción adecuada para la destrucción total de organismos causantes de enfermedades o patógenos como son: salmonellas, shigellas, vibrio comma, etc.

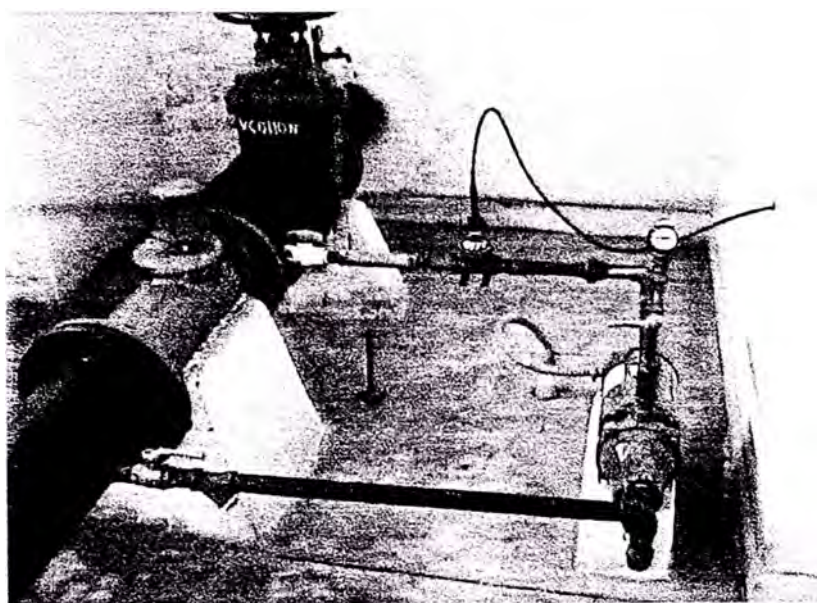


Figura 2.16 Instalación típica de electrobomba de cloro (Pozo P-597)

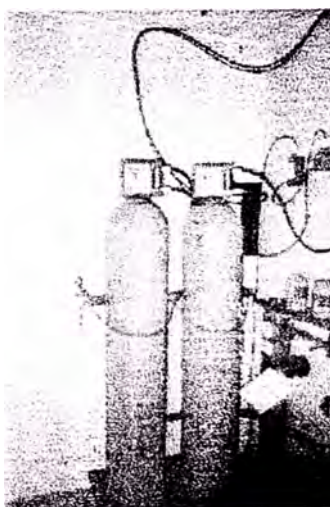


Figura 2.17 Cilindros de gas cloro

CAPÍTULO III

FUNDAMENTOS DEL ANÁLISIS VIBRACIONAL

El mantenimiento predictivo es la tecnología que permite determinar el estado de funcionamiento de la máquina sin necesidad de interrumpir su trabajo. Algunas técnicas empleadas son el análisis vibracional, análisis de aceite, termografía y ultrasonido.

La idea principal del mantenimiento predictivo es que la mayoría de los componentes de las máquinas avisan de alguna manera sobre su falla antes de que esta ocurra.

El análisis de vibraciones es la piedra angular del mantenimiento predictivo en maquinaria rotativa porque detecta la mayor parte de los problemas que se presentan en las máquinas y por lo cual es la mejor base para soportar un enfoque predictivo.

3.1 Definición

La vibración es simplemente el movimiento de vaivén de una máquina o pieza desde su posición de descanso.

El modo más sencillo para demostrar la vibración es seguir el movimiento de un peso suspendido en el extremo de un resorte, tal como se ilustra en la Figura 3.1. Esto es típico de todas las máquinas puesto que también ellas tienen propiedades similares a peso y resorte.

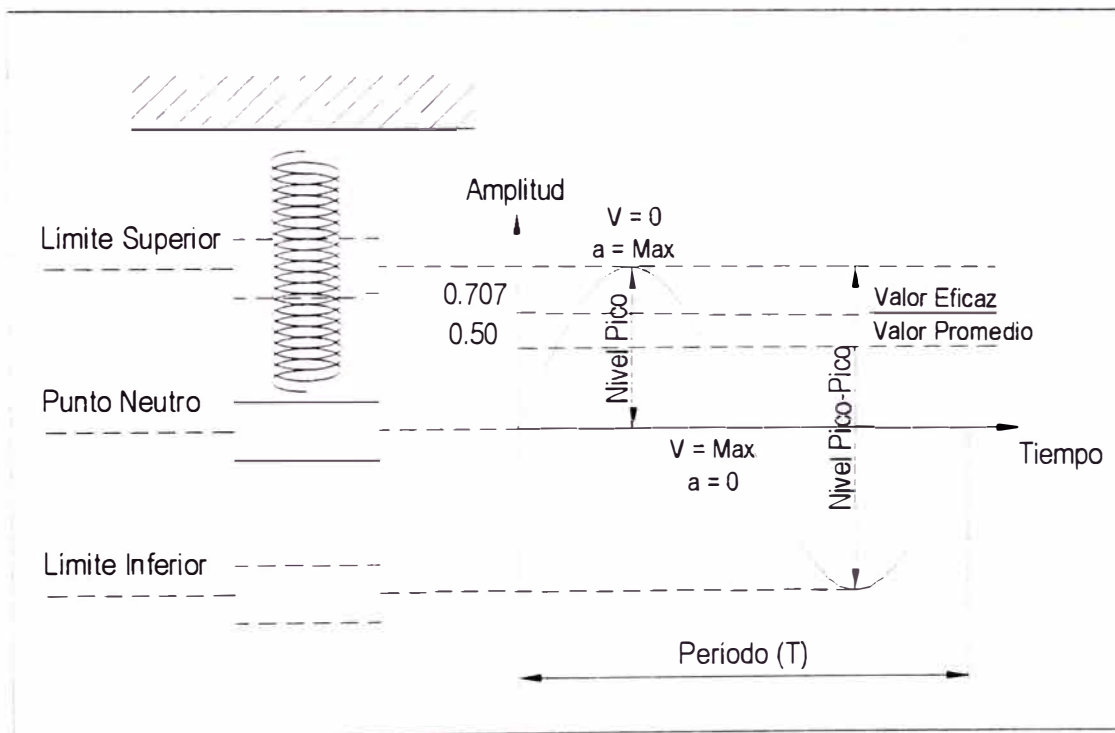


Figura 3.1 Movimiento de un peso en vibración trazado en función del tiempo

Hasta que no se aplique una fuerza al peso para producir su movimiento no habrá vibración. Al aplicar una fuerza ascendente, el peso se moverá hacia arriba, comprimiendo el resorte. Al soltarlo, el peso caerá por debajo de su punto neutro hasta el límite inferior del recorrido, en cuyo punto el resorte

detendrá al peso. Este iniciará inmediatamente el recorrido hacia arriba pasando por el punto neutro hasta llegar al límite superior del movimiento y de vuelta otra vez por el punto neutro. Este movimiento seguirá exactamente de la misma manera mientras quede aplicada la fuerza. Por lo tanto, la vibración es la reacción de un sistema a una excitación (estímulo) o fuerza interna o externa aplicada al mismo.

3.2 Causas de la Vibración

La causa de la vibración reside en los problemas mecánicos de una máquina. A continuación se presenta una lista de los problemas mas comunes que producen vibración, a saber:

- Desbalance de las piezas rotativas
- Falta de alineamiento de acoplamientos y rodamientos
- Engranajes desgastados, excéntricos o dañados
- Bandas o cadenas de transmisión en mala condición
- Rodamientos deteriorados
- Fuerzas electromagnéticas
- Fuerzas aerodinámicas
- Fuerzas hidráulicas
- Aflojamiento
- Resonancia

Independientemente del tipo, la causa de la vibración es indudablemente una fuerza que cambia de dirección o de intensidad y las características consiguientes serán determinadas en base al modo en que se generan las fuerzas. Es por ello que cada causa de vibración tiene sus propias características individuales.

3.3 Características de la Vibración

La condición de una máquina y sus problemas mecánicos se determina midiendo las características de su vibración. Entre las características importantes se cuentan las siguientes:

- Frecuencia
- Fase
- Desplazamiento
- Velocidad
- Aceleración
- Energía de impulsos

La onda descrita corresponde a vibración simple (ausente de golpes o resonancia), debiendo aclarar que los siguientes conceptos no se aplican a ondas vibratorias muy complejas (con componentes de golpes o resonancias)

Valor Pico, Pico-Pico y Eficaz

El valor pico es medido desde el origen hasta el máximo positivo de onda senoidal. El valor pico-pico es medido desde el valor del pico negativo al del pico positivo.

El valor eficaz o RMS (root mean square) se halla aplicando la siguiente integral a la función seno de la vibración:

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt}$$

3.3.1 Frecuencia de vibración

Es la inversa del período de la onda vibracional:

$$\text{Frecuencia} = 1/T$$

La frecuencia de la vibración por lo general es expresada como cantidad de ciclos que acontecen cada minuto, de aquí el origen de la expresión “ciclos por minuto”, o sea, cpm.

El poder especificar la frecuencia de la vibración en términos de “cpm” facilita la relación entre dicha característica y otro dato importante de los equipos rotativos, las “RPM”. Debido a que cada evento vibracional genera

ondas con su frecuencia característica, el conocimiento de esta nos llevara al descubrimiento del 80% de los problemas.

La ilustración de la Figura 3.2 indica que la vibración de la mayoría de las máquinas consta de muchas frecuencias diferentes.

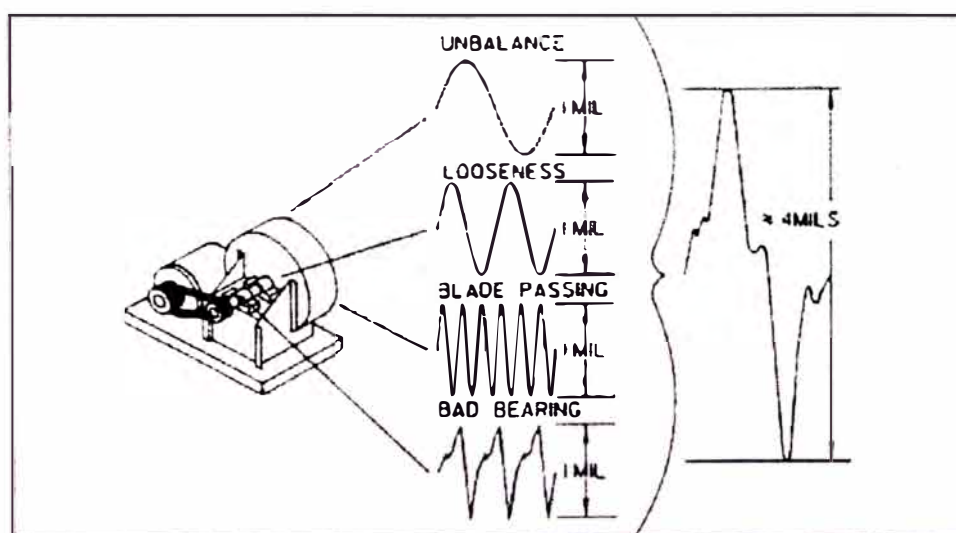


Figura 3.2 Combinación de frecuencia de vibración

3.3.2 Fase

Medición comparativa de la ocurrencia de un fenómeno vibracional con otro en la base del ángulo de giro.

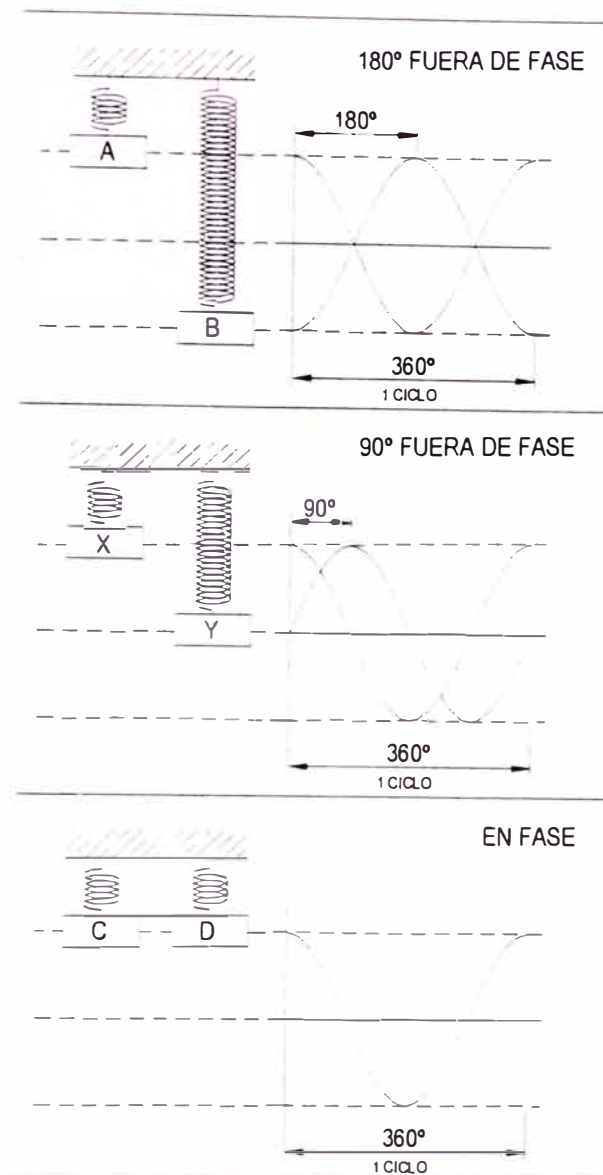


Figura 3.3 Relación entre fases

3.3.3 Desplazamiento

Es la distancia o amplitud que recorre el cuerpo que vibra. (en milésimas de pulgada o en micras)

Por convención se acostumbra medir desplazamiento "Pico a Pico". Es una medida muy buena para expresar vibraciones de baja frecuencia (hasta 3,600 cpm)

3.3.4 Velocidad

Es la razón de cambio del desplazamiento en un tiempo determinado. Se expresa en unidades RMS en mm/s.

Es el parámetro de mayor utilidad, porque relaciona a las fuerzas y movilidad de la estructura con respecto a la frecuencia. Se recomienda su uso en el rango de frecuencias medias, de 3,600 a 60,000 cpm.

3.3.5 Aceleración

Es el cambio de velocidad que ocurre en el elemento en movimiento. Se expresa en unidades de gravedad (g), MKS (m/s^2) o $pulg/s^2$.

Responde muy bien a las fuerzas de impactos, y a fricciones, por lo que se recomienda su uso al leer altas frecuencias (sobre los 60,000 cpm)

3.3.6 Mediciones de vibración en energía de impulsos

Otra característica mas de la vibración, de especial interés, es el parámetro de medición Spike Energy (es decir, medida de la energía de impulsos).

Los parámetros de medición Spike Energy incluyen impulsos de energía de vibración de muy breve duración, alta frecuencia y similares a picos, que acontecen en una máquina como resultado de:

1. Defectos en la superficie de los elementos rodantes de rodamientos o engranajes.

2. Rozamiento, impacto y contacto entre metal y metal en máquinas rotativas.
3. Fugas de vapor o pérdidas de aire bajo alta presión.
4. Cavitación causada por turbulencia del flujo en fluidos.

La energía de impulsos utiliza sus propias unidades de medición. Aun cuando los valores de la energía de impulsos de vibración sean básicamente una medida de la aceleración de la vibración, los circuitos electrónicos especiales que procesan las señales aumentan de modo particular su sensibilidad a la vibración de alta frecuencia generada por defectos en rodamientos y engranajes. Por este motivo los valores de energía de impulsos son expresados en unidades "g-SE".

3.4 Instrumentación

Los instrumentos electrónicos utilizados para la medición de la vibración de maquinaria son clasificados, generalmente como medidores y analizadores.

Todos los medidores de vibración, monitores y analizadores usan un transductor de vibración, el cual a menudo es llamado captador de vibración o sensor.

3.4.1 Transductores

En la industria actual, existe una gran variedad de tipos de transductores de vibración de uso común. Todos ellos, leen la vibración mecánica y la

transforman en impulsos eléctricos que son decodificados en los analizadores. Existen tres tipos de sensores comunes:

3.4.1.1 Transductores de Desplazamiento

El transductor de desplazamiento, conocido como transductor “de corriente de “Eddy” se usa para medir bajas frecuencias (por debajo de 3,600 cpm y suministra corriente continua en la salida).

Se aplican mayormente en los sistemas de monitoreo continuo para medir la vibración “relativa” (lee la vibración del eje considerado el cuerpo del cojinete como en coordenadas espaciales fijas) en los cojinetes de fricción de máquinas de mucha potencia.

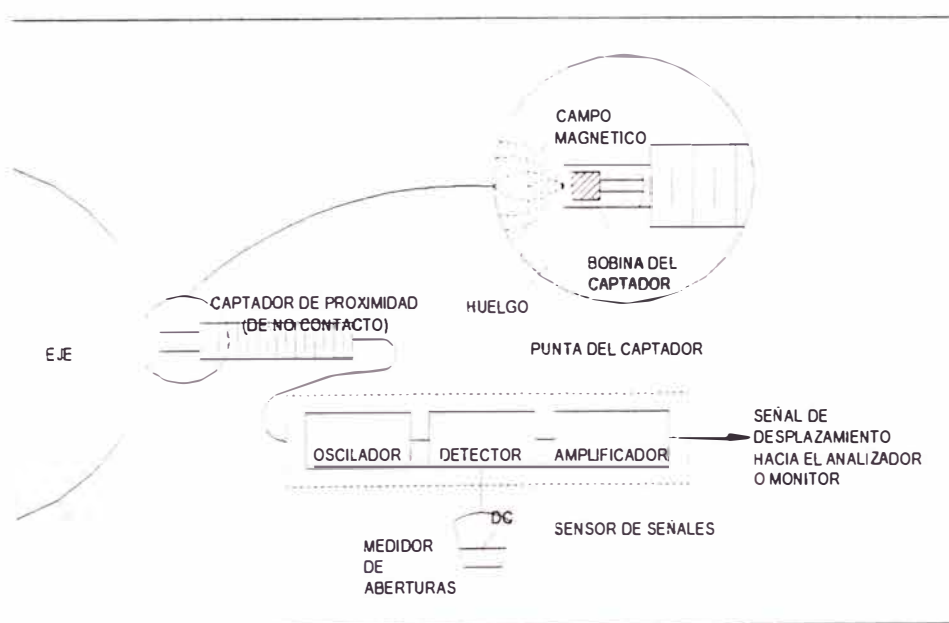


Figura 3.4 Diagrama esquemático de transductores de proximidad

3.4.1.2 Transductor de Velocidad

El transductor sísmico de velocidad consta de un imán permanente situado en el centro de un bobinado muy fino de hilo de cobre. Mide la vibración del cuerpo de un cojinete, que a su vez, la recibe de un eje vibrando.

Cuando la carcasa del transductor vibra, se crea un movimiento relativo entre el imán y el bobinado (por la inercia de su masa), induciendo en este una tensión proporcional a la velocidad del movimiento.

La desventaja de este tipo de transductor radica en las lecturas a frecuencias muy bajas o muy altas. En frecuencia bajas (menores a 600 cpm), el imán tiende a moverse junto con la carcasa, evitando la generación de una fuerza electromotriz en el bobinado, y a frecuencias muy altas (depende del método de montaje y el tipo de transductor), su inercia produce un movimiento que no está de acuerdo a la verdadera amplitud vibracional.

También se ven afectados por campos magnéticos cuando se lee vibraciones en motores o generadores muy grandes. Se apreciara en el espectro vibracional una inducción de la frecuencia de la línea eléctrica.

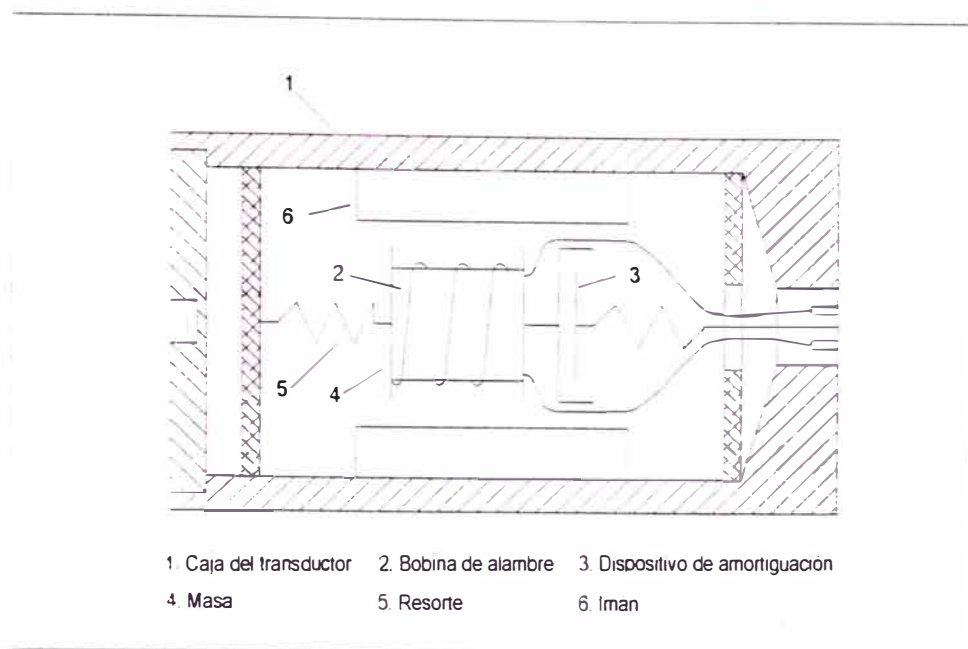


Figura 3.5 Transductor sísmico de velocidad

3.4.1.3 Transductor de Aceleración

Este tipo de transductores genera una tensión eléctrica (pequeñas cargas que se amplifican en la salida a mV) proporcional a la aceleración (en g) por presión sobre un cristal piezoeléctrico.

Son apropiados para captar datos de vibración a alta frecuencia, donde aparecen vibraciones con desplazamientos relativamente pequeños. Sin embargo, el avance de la tecnología en el desarrollo de los acelerómetros ha permitido que existan modelos que pueden leer velocidades tan bajas como 10 cpm.

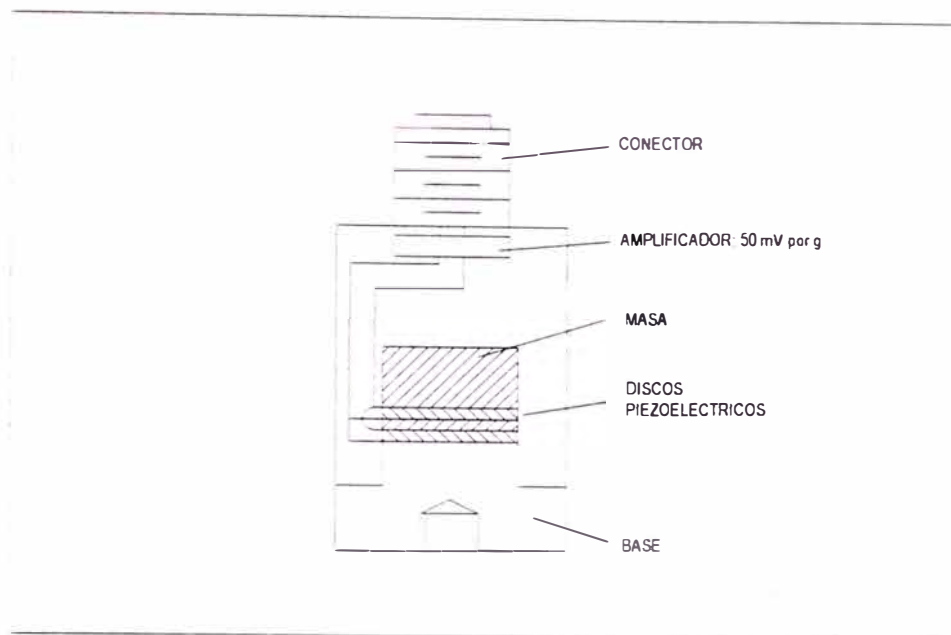


Figura 3.6 Plano esquemático del transductor de aceleración

Los acelerómetros aprovechan el efecto piezoeléctrico de algunos cristales para generar las cargas eléctricas que enviarán al analizador.

3.4.2 Resonancia de los transductores

Los transductores, como todos los cuerpos, tienen varias frecuencias naturales, dependiendo de su montaje. Esta característica la presentan los fabricantes con toda la información respecto al sensor. Se debe tener conocimiento previo a fin de evitar lecturas falsas.

En el rango de ocurrencia de la frecuencia de resonancia, las mediciones serán totalmente erradas.

3.4.3 Fijación de los transductores

Se busca la sujeción más adecuada del sensor a la máquina; de tal manera que la respuesta en frecuencia tenga el rango dinámico adecuado a la falla que se busca.

Las siguientes son las sujeciones comunes de los sensores y su respuesta en frecuencia:

a) **Fijación con Espárrago**

Presenta en la mayoría de los casos, una respuesta correcta en frecuencia hasta cerca de los 32 KHz antes de presentar resonancia.

Es la manera más correcta para la evaluación de rodamientos, cuyas fallas se presentan tempranamente a muy altas frecuencias.

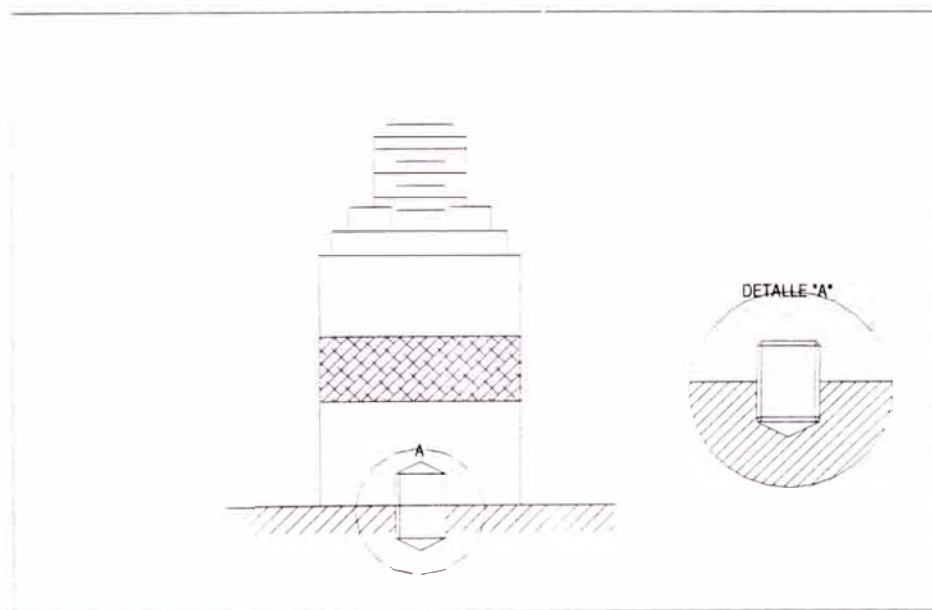
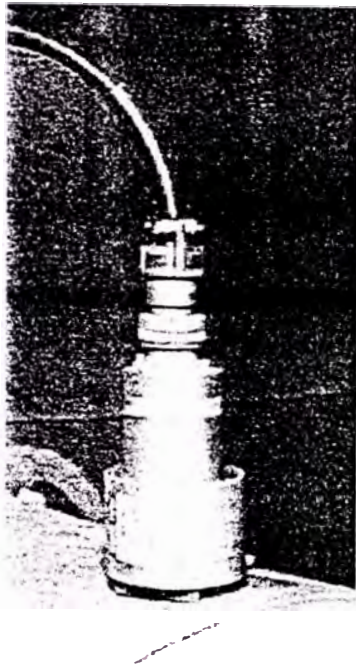


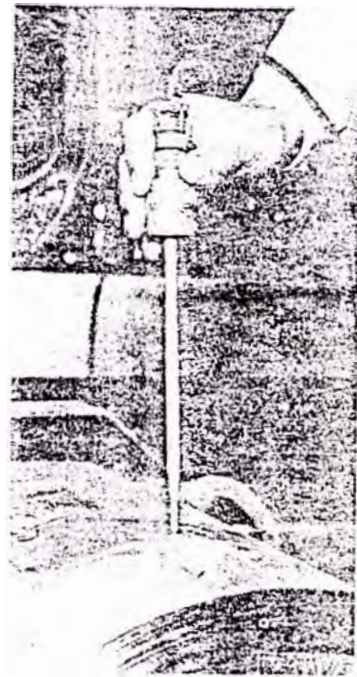
Figura 3.7 Sensor atornillado a la máquina

b) Fijación con Magneto

Debido a su bajo costo y su simplicidad, es la fijación mas común de los sensores en las máquinas, y produce respuestas correctas hasta aproximadamente 7 KHz. Se debe evitar usar esta fijación para la evaluación de vibración a frecuencias mas altas.



a)



b)

Figura 3.8 a) Transductor con dispositivo de sujeción magnético y b) Transductor manual, con sonda de 9 pulgadas

c) Fijación con Sonda

Esta fijación producirá malas respuestas a partir de los 2 KHz, debido a la casi total falta de rigidez en la fijación, su frecuencia de resonancia es la mas baja, por lo que se recomienda usarla solo en casos en que no se pueda tener acceso a colocar un magneto.

3.4.4 Medidores de Vibración

Los medidores de vibración o vibrómetros son instrumentos pequeños, accionados por batería y sostenidos en la mano, y se usan para obtener rápidamente la medición de las vibraciones de una máquina. Normalmente constan de un captador, de un cable y un medidor. Otra clase de medidores de vibración la constituye el recopilador de datos, que se basa en un microprocesador.

Los medidores de vibración pueden ser catalogados como:

Vibrómetros, o medidores sencillos: leen solamente uno o dos parámetros como por ejemplo, desplazamiento y/o velocidad.

Medidores avanzados: leen desplazamiento, velocidad, aceleración y energía de impulso. Pueden incorporar filtros sencillos de paso alto o de paso bajo.

Medidores combinados: combinan las características necesarias para medir otros parámetros, tales como el sonido.

Recopiladores de datos: vibrómetros dotados de microprocesador programable, pueden ser programados para medir y almacenar grandes cantidades de datos sobre vibración, en una amplia variedad de parámetros.



Figura 3.9 Medidor de vibraciones

3.4.5 Analizadores de Vibración

Aunque los analizadores de vibración pueden realizar las mismas funciones de los medidores, también pueden llevar a cabo operaciones más complejas. Por ejemplo, un analizador usa un filtro que puede ser sintonizado de manera de separar las frecuencias individuales de una forma de onda vibratoria completa. Los analizadores pueden también incluir una lámpara estroboscópica, que se usa en el análisis de fase y en el balanceo dinámico.

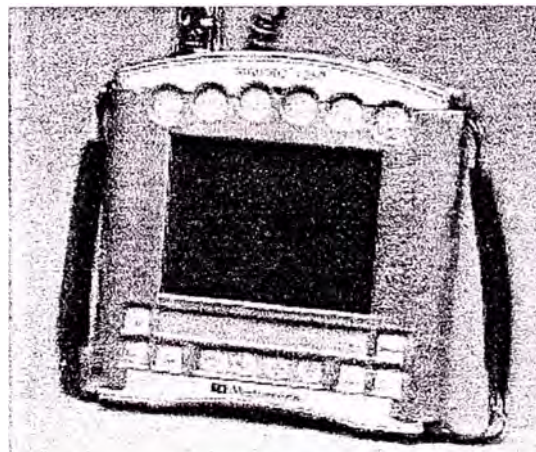


Figura 3.10 Analizador de vibración

El analizador FFT

Es un instrumento especial para la toma de espectros de frecuencias vibracionales.

En la actualidad, los analizadores FFT tienen la capacidad de leer además del espectro de frecuencias, las ondas vibracionales en base temporal, espectros de corriente, fase y múltiples mediciones especiales para apoyo al análisis en frecuencia como cascadas, espectros sincronizados, vibraciones transitorias de impactos.

Así mismo, cuentan con opción para balancear y alinear maquinarias, analizar ruido, leer temperaturas y muchos otros parámetros de proceso. Por ejemplo, puede poseer las siguientes características:

ENTRADAS	COLECCION DE DATOS	DIAGNOSTICO	ALARMAS EN EL CAMPO	AUXILIARES
Corriente A.C.	Nombres de máquinas	Espectros FFT	Alarma 1	Estroboscopio
Espesores	Puntos de medición	Forma de onda en el tiempo	Alarma 2	Medidor ultrasónico
Vibración	Datos previos	1/3 de octava	Alarma baja	para espesores
Temperatura	Lista de máquinas	Cascada	Datos malos altos	Tacómetro
Velocidad	máquinas	Nivel total	Datos malos	Código barras
Ruido	Rutas múltiples	Spike energy	malos bajos	Acelerómetro triaxial
Energía pico	Rutas	Slow speed technology	Alarmas de bandas	Interfase a impresora

3.5 Problemas Comunes en Equipos de Bombeo

En adición de los problemas de desbalance, desalineamiento, rodamientos defectuosos y resonancia, las bombas presentan problemas específicos como:

- Fuerzas hidráulicas
- Cavitación
- Recirculación
- Turbulencia

El espectro típico y la relación de fases de los problemas comunes en equipos de bombeo se encuentran en el Apéndice A.1

3.5.1 Fuerzas Hidráulicas

Son vibraciones que se presentan a la frecuencia de los álabes del impulsor y es igual al número de álabes (z) por las RPM ($f = nz$ y $n = \text{RPM}$) esta vibración es simplemente el resultado de pulsaciones de presión dentro de la bomba, causados cuando los álabes del impulsor pasan por el difusor estacionario, están acompañados por ruido que también se pueden presentar a las armónicas de las RPM ($2nz$, $3nz$, $4nz$,...) y puede llegar a tener mayor amplitud de vibración que la frecuencia principal.

Si el impulsor está bien centrado y alineado dentro de la carcasa del difusor, las pulsaciones hidráulicas estarán balanceadas y las vibraciones inherentes a las fuerzas hidráulicas serán mínimas.

La vibración es causa de las fuerzas dinámicas que se forman al salir el flujo de los álabes e interactúan con los componentes estacionarios tales como la voluta o el difusor de la carcasa. El flujo que sale de los álabes no es uniforme, la velocidad de salida disminuye cerca del extremo de cada álabe del impulsor.

3.5.2 Cavitación

La cavitación es un fenómeno que ocurre cuando la presión absoluta dentro del impulsor se reduce hasta alcanzar la presión de vapor del líquido bombeado y se forma burbujas de vapor. Estas burbujas colapsan en la zona de alta presión originando erosión del material con el que está en contacto. La cavitación se manifiesta como ruido, vibración, reducción del caudal y de la presión de descarga. Con el tiempo todos los elementos en contacto con la cavitación presentan una fuerte erosión.

Las amplitudes de vibración de la cavitación no excede a los valores de alerta a menos que exista resonancia (entonces los picos alcanzarán de 15 a 18 mm/s). Aunque las amplitudes son por lo general pequeñas, la cavitación es extremadamente destructiva porque provoca la erosión de diversos componentes. También puede incrementar las vibraciones axiales que si son excesivos pueden dañar a los cojinetes y los sellos. Los espectros de vibración producidos tienen un rango de frecuencia amplio y de baja amplitud generalmente no hay picos principales sino un rango aleatorio de picos entre 12,000 y 600,000 cpm.

La cavitación produce frecuencias muy erráticas y variadas, las amplitudes mas altas se encuentran a menudo en el área de succión de la bomba y muchas veces son mas altas en la dirección axial.

3.5.3 Recirculación

Cuando se reduce la salida de una bomba centrífuga el estrangular la válvula de descarga u otras restricciones de descarga, se altera el flujo de líquidos a través de la bomba. La velocidad del líquido que sale por las puntas de los álabes del impulsor se reduce y por consiguiente el líquido ya no pasa constantemente a la voluta y a la tubería de descarga, induciendo vibraciones a la frecuencia del número de álabes x RPM.

Su amplitud a menudo excede los valores de alerta, especialmente si existe resonancia. Sin embargo es importante observar que se produce recirculación en el lado de descarga de la bomba y se produce la cavitación en el lado de la succión.

La solución para la recirculación es operar dentro del rango recomendado de su capacidad o lo mas cerca posible según las condiciones de funcionamiento para evitar el estrangulamiento excesivo. Si se desea reducir permanente la capacidad de la bomba, entonces debe reducirse ligeramente el diámetro exterior del impulsor para aumentar el espacio entre las puntas del impulsor y la voluta. Rebajar las puntas del propulsor es otra forma de reducir la vibración del paso de álabes sin disminuir considerablemente la capacidad de la bomba.

3.5.4 Turbulencia

La turbulencia es causada por el diseño deficiente de las tuberías y/o ductos y es mas común en las aplicaciones de movimiento de aire como ventiladores que en los sistemas de bombeo. Se produce cuando se fuerza el líquido a efectuar cambios bruscos en la dirección como codos de 90° en tuberías de descarga o el paso a través de válvulas, etc. Comúnmente no provoca un exceso de vibración a menos que se excite una frecuencia resonante.

Los espectros de vibración parecen similares a los de cavitación, no obstante las frecuencias de banda ancha generadas son generalmente mas bajas que en el caso de la cavitación, ocurriendo a menudo los picos mas dominantes en el rango subrotacional (menos de 1xRPM). Las amplitudes mas altas se presenta habitualmente inmediatamente después del origen. En tanto que la cavitación normalmente esta relacionada con la succión de la bomba, la solución para la turbulencia depende de la práctica del buen diseño como evitar curvas agudas en la tubería y los ductos, etc.

3.5.5 Desalineamiento

En la mayoría de los casos los datos derivados de una condición de falta de alineamiento indican lo siguiente:

1. La frecuencia de vibración es de 1x RPM; también 2x y 3x RPM en los casos de una grave falta de alineamiento.
2. La amplitud de la vibración es proporcional a la falta de alineamiento.

3. La amplitud de la vibración puede ser alta también en sentido axial, además de radial.
4. El análisis de fase muestra lecturas de fase inestables.

La falta de alineamiento, aun con acoplamientos flexibles, produce fuerzas tanto radiales como axiales que, a su vez, producen vibraciones radiales y axiales.

Uno de los indicios más importantes de los problemas debidos a falta de alineamiento y a ejes torcidos es la presencia de una elevada vibración en ambos sentidos, radial y axial. En general, cada vez que la amplitud de la vibración axial sea mayor que la mitad de la lectura radial más alta, hay un buen motivo de sospechar la existencia de un problema de alineamiento o eje torcido.

3.5.6 Desbalance

El desbalance de la máquina es una de las causas más comunes de la vibración. En muchos casos, los datos arrojados por un estado de desbalance indican:

1. La frecuencia de vibración se manifiesta a 1x las RPM de la pieza desbalanceada.
2. La amplitud es proporcional a la cantidad de desbalance.
3. La amplitud de la vibración es normalmente mayor en el sentido de medición radial, horizontal o vertical (en las máquinas con ejes horizontales).

4. El análisis de fase indica lecturas de fase estables.
5. La fase se desplazará 90° si se desplaza el captador 90° .

3.5.7 Excentricidad

La excentricidad es otra de las causas comunes de vibración en la máquina rotativa. Excentricidad en este caso no significa "ovalización", sino que la línea central del eje no es la misma que la línea central del rotor – el centro de rotación verdadero difiere de la línea central geométrica.

La excentricidad es en realidad una fuente común de desbalances, y se debe a un mayor peso de un lado del centro de rotación que del otro.

La excentricidad en rodetes o rotores de ventiladores, sopladores, bombas y compresores puede también crear fuerzas vibratorias. En esos casos las fuerzas son el resultado de fuerzas aerodinámicas e hidráulicas desiguales que actúan contra el rotor.

3.5.8 Partes flojas

Cuando una parte o estructura de una máquina se encuentra floja (pernos de anclaje flojos o partidos), el gráfico de espectro nos presenta picos a la frecuencia de rotación y a múltiplos de ella, incluso en los casos en que la vibración es severa pueden aparecer picos (armónicos) a la mitad de la frecuencia de giro del equipo. Una vez que la máquina es empotrada firmemente al piso los picos desaparecen correspondientemente.

3.5.9 Rodamientos

La mayoría de los programas de mantenimiento predictivo utilizando análisis de vibraciones son puestos en marcha con la finalidad inicial de conocer el estado de los rodamientos. La tecnología moderna nos permite lograr este objetivo con mucha certeza. Cerca del 90% de las fallas en rodamientos pudieron ser detectadas meses antes de que esta se produjera, siempre y cuando los equipos hubieran sido monitoreados adecuadamente. Sin embargo, existe todavía un 10% de fallas que son abruptas e imprevistas. De cualquier forma, ser capaz de poder predecir el 90 % de las fallas en rodamientos es una razón muy buena para invertir en un programa de mantenimiento predictivo, sin olvidar que con el análisis de vibraciones podemos diagnosticar este tipo de averías y muchas otras mas.

Causas de fallas en rodamientos

El porcentaje de rodamientos que vienen "dañados" de fábrica es muy bajo, debido a los sistemas de control de calidad de los fabricantes, por lo que una falla de fábrica, si bien es posible, es poco probable. Entre las causas más probables de fallas en rodamientos están:

1. Contaminación, incluyendo humedad (Algunos autores afirman que cerca del 40% de las fallas en rodamientos son causadas por contaminación).
2. Cargas dinámicas excesivas sobre el rodamiento, producto de una falla de diseño de la máquina ó de la presencia de fuerzas externas como desbalance y desalineamiento.

3. Falta de una adecuada lubricación.
4. Defectos originados en el proceso de montaje.

Fallas en rodamientos

Debido a que la mayor parte de los equipos de bombeo contiene rodamientos de elementos rodantes, es imperativo conocer como se monitorea y diagnóstica problemas asociados con fallas en rodamientos. Se tiene que adoptar una filosofía que descansa en dos puntos básicos:

1. El sistema de monitoreo nos debe suministrar una indicación temprana de una falla en desarrollo del rodamiento, es decir semanas y hasta meses antes de que se produzca la falla en el rodamiento, el equipo o instrumento nos debe dar la indicación adecuada.
2. El rodamiento deberá tener una falla visible, una vez que el instrumento nos haya dado la indicación de alarma.

Características de los rodamientos

Por diseño, un rodamiento con elementos rodantes tiene claros extremadamente pequeños que no permiten el movimiento relativo del eje con respecto al rodamiento. Las fuerzas dinámicas a las cuales está sometido el eje son transmitidas casi en su totalidad al rodamiento y chumacera. Debido a esta transmisión, la medición de los niveles de vibración en la propia chumacera, es normalmente aceptable como un

estándar en este tipo de rodamientos. Una característica clásica de los rodamientos de elementos rodantes, es la generación de frecuencias de vibración específicas basadas en la geometría del rodamiento, el número de elementos rodantes y la velocidad del giro del eje que soporta el rodamiento.

Método del Spike Energy.

Spike Energy es una unidad de medida utilizada para juzgar la condición de un rodamiento. Es muy utilizada en máquinas con rodamientos de elementos rodantes en donde el daño de los mismos consiste usualmente en el desarrollo de micro-fisuras en las pistas de rodadura. Cada vez que el elemento rodante pasa por estas micro-fisuras se producen pequeños impactos, los cuales a su vez liberan una cierta cantidad de energía en pequeños intervalos de tiempo (pulsos). La vibración originada por estos pulsos es mucho menor que la vibración total y no puede ser medida utilizando los métodos convencionales. Sin embargo, la aceleración durante los pulsos es muy alta. El método de Spike Energy consiste en detectar estos pulsos de alta aceleración y relacionarlos con fallas tempranas en rodamientos. El Spike Energy se suma a la lista de parámetros de vibración, junto a desplazamiento, velocidad y aceleración, dándonos una herramienta mas para realizar un adecuado mantenimiento predictivo. Los equipos o analizadores provistos de esta capacidad registran un único valor de Spike Energy, al cual podemos evaluarlo con respecto a valores pre-establecidos e ir viendo el desarrollo de su tendencia con respecto al tiempo. El rango de frecuencias va de los 5,000 a los 25,000 Hz.

3.5.10 Fallas Eléctricas

Estas fallas generan un tipo de vibración que es normalmente el resultado de fuerzas magnéticas desiguales que actúan sobre el rotor o sobre el estator.

Dichas fuerzas desiguales pueden ser debidas a:

- Rotor que no es redondo
- Chumaceras del inducido que son excéntricas
- Falta de alineamiento entre el rotor y el estator; entrehierro no uniforme
- Devanados abiertos o en corto circuito
- Hierro del rotor en corto circuito

En líneas generales, la frecuencia de vibración resultante de los problemas de índole eléctrica será 1x las RPM, y por tanto se parecerá a desbalance.

Una manera sencilla de hacer la prueba para verificar la presencia eventual de vibración eléctrica es observar el cambio de la amplitud de la vibración total en el instante en el cual se desconecta la corriente de esa unidad. Si la vibración desaparece en el mismo instante en que se desconecta la corriente, el problema con toda posibilidad será eléctrico. Si solo decrece gradualmente, el problema será de naturaleza mecánica.

Las vibraciones ocasionadas por los problemas eléctricos responden generalmente a la cantidad de carga colocada en el motor. A medida que se modifica la carga, la amplitud y/o las lecturas de fase pueden indicar cambios significativos. Esto explica por qué los motores eléctricos que han

sido probados y balanceados en condiciones sin carga muestran cambios drásticos de los niveles de vibración cuando vuelven a ser puestos en servicio.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

4.1 Parámetros de Diseño

El diseño del Programa de Mantenimiento Predictivo se ha realizado bajo las siguientes consideraciones:

- Los equipos ha ser incluidos en el programa son las bombas y motores eléctricos ubicados en las cámaras de rebombeo y pozos administrados por SEDAPAL a cargo de la Gerencia de Servicios Norte.
- El análisis vibracional será la base del Programa de Mantenimiento Predictivo.
- La condición de los equipos de bombeo se determinara a través de la NORMA ISO 2372.
- La determinación de las rutas de inspección se realizará teniendo presente la frecuencia de inspección, nivel de criticidad y la ubicación geográfica, además se debe optimizar el uso de los instrumentos de medición y evitar fatigas en el personal.

4.2 Selección de Equipos a ser incluidos en el Programa

La Gerencia de Servicios Norte cuenta con 359 equipos de bombeo distribuidos en pozos y cámaras de rebombeo, de los cuales 219 están operativos y 140 son equipos en reserva.

Para obtener una buena selección de que equipos a monitorear, realizamos primero una clasificación de los equipos de acuerdo a su nivel de criticidad, considerando los siguientes parámetros:

- Nivel de importancia dentro del esquema de abastecimiento al que pertenecen.
- Capacidad de bombeo del equipo
- Horario de funcionamiento.
- Posibles daños o accidentes que pudiera ocasionar a los operadores y/o población (inundaciones, aniegos y derrumbes).

Nivel de criticidad 1

Son equipos esenciales en el esquema de abastecimiento. Son equipos que no pueden fallar porque son la única fuente de abastecimiento o porque son los que inician el rebombeo a zonas más altas.

En los pozos; la bomba turbina vertical y el motor eléctrico son de nivel de criticidad 1, ya que la paralización de cualquiera de estos equipos paraliza la estación y deja sin agua a la zona de abastecimiento que le corresponde si son fuente única.

En las cámaras de rebombeo que inician el bombeo a zonas mas altas y/o donde solo se tiene un solo equipo, son incluidos en este nivel de criticidad y por lo general son estaciones que trabajan diariamente de 12 a 24 horas.

Nivel de criticidad 2

Aquí se consideran las bombas y motores eléctricos de las cámaras de rebombeo que tiene mas de dos equipos, ya que al paralizar un equipo entra en funcionamiento el equipo alterno y no se desabastece de agua a la población. Son estaciones que trabajan diariamente hasta 12 horas.

También están incluidos los pozos que en su respectivo esquema de abastecimiento cuentan con varios pozos. Si se paraliza cualquiera de ellos entran en operación un pozo de reserva.

Nivel de criticidad 3

Son estaciones que no trabajan diariamente. Estas cámaras de rebombeo abastecen a las partes altas de los distritos de Independencia a través de pilones y funcionan un máximo de 4 horas por día.

Nivel de criticidad 4

Están considerados los equipos de las estaciones en reserva. Son principalmente pozos que se han paralizado por uso conjuntivo de la Planta de la Atarjea y la Planta del Chillón. Estos pozos trabajan solo cuando paralizan las plantas de tratamiento o ocurre una rotura en las tuberías matrices.

De acuerdo a este criterio, seleccionamos las máquinas que tienen una importancia crítica 1, 2 y 3.

En el Cuadro No 4.1 se muestran la cantidad de equipos por nivel de criticidad. Las características técnicas principales de los equipos de bombeo y su nivel de criticidad se encuentran en el Apéndice B.

Cuadro No 4.1 Distribución de equipos de bombeo por Nivel de Criticidad y Estación de Bombeo.

Estación	Estado Operativo	Nivel Criticidad				Total
		1	2	3	4	
Cámaras de Rebombeo	F	86	62	20		168
	U/C				16	16
Pozos	F	44	7			51
	U/C				124	124
Total	F	125	69	20		219
	U/C				140	140

F: Funcionando, U/C : Paralizado por uso conjunto

4.3 Definición de Niveles Aceptables de Medición

Conocer que nivel de vibración es aceptable para cada máquina es una de las principales definiciones para el mantenimiento predictivo.

Las tablas de severidad vibracional son muy útiles para determinar hasta que niveles de vibración pueden trabajar las máquinas, en nuestro caso

usamos la NORMA ISO 2372 que usa valores expresados en términos de velocidad RMS.

Las tablas de severidad vibracional deben usarse como punto de partida para la evaluación de la maquinaria ya que hay factores que afectan las lecturas, como por ejemplo:

- Las fuerzas externas que pueden provenir de máquinas montadas en las cercanías o que están interconectadas por ductos las cuales pueden transmitir fuerzas vibratorias.
- La rigidez de las estructuras, si el montaje es rígido tendremos un valor de vibración y para otra máquina que este en la misma condición pero en un montaje flexible las lecturas serán mayores.
- Las condiciones de operación también pueden hacer variar los valores obtenidos, por eso es recomendable usar los mismos instrumentos de medida.

Para el establecimiento de los límites de alarma, es importante conocer el historial de las averías de la máquina y el histórico de medidas anteriores. Estos datos nos dicen en que niveles de vibración han estado trabajando una máquina, ya que puede darse el caso de que una máquina trabaje a niveles de vibración que según normas sea elevada, pero si analizamos sus valores históricos y observamos que se mantienen, no habrá problemas.

Otro caso que puede darse es que una máquina este con valores bajos de vibración, pero que entre una medida y otra se haya duplicado el valor de la vibración; esto será un indicativo de que se está generando un problema en la máquina y que podría fallar en un tiempo relativamente corto.

Podemos concluir que la mejor manera de establecer los valores de un buen funcionamiento y de alarma será sobre la base de la experiencia adquirida con el tiempo y basada en valores históricos almacenados.

En nuestro caso de estudio, se ha determinado los niveles de alarma tomando como base la NORMA ISO 2372. Así por ejemplo para los equipos 1, 2 y 3 del CR-093 los niveles iniciales aceptables de vibración se muestran en la figura siguiente:

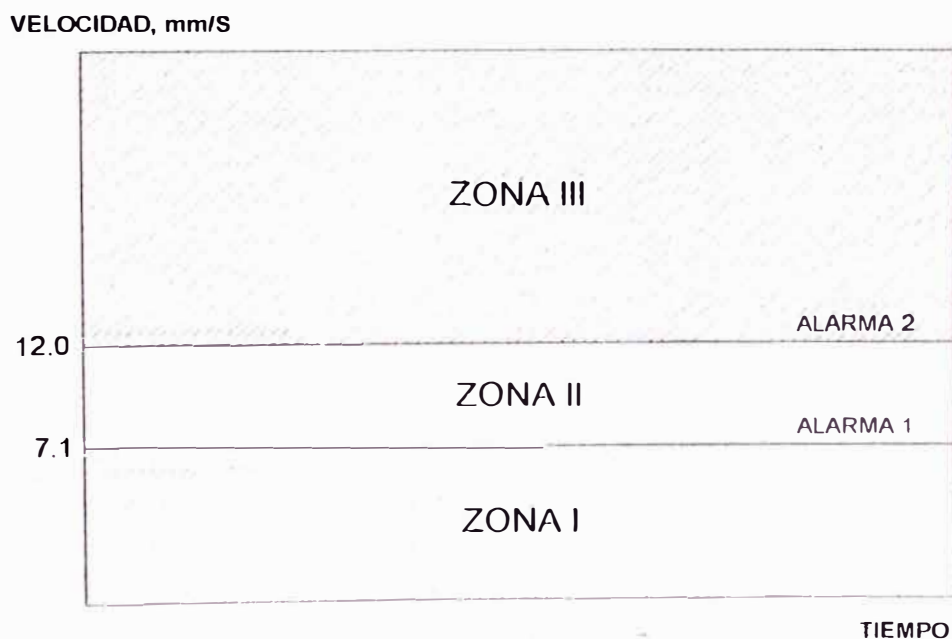


Figura 4.1 Niveles de alarma de equipo 1, 2 y 3 – CR-093

Monitoreo de Condiciones:

Zona I (Bueno, Normal, Tolerable): Seguir controlando los parámetros de vibración y temperatura.

Planificación y Programación del Trabajo:

Zona II (Semi-crítico): Identificar el problema específico y realizar una planificación del trabajo a ejecutar y determinar su programación.

Ejecutar Trabajo Prioridad 1:

Zona III (Crítico): Es necesario realizar el trabajo lo más pronto posible para evitar una falla imprevista.

4.4 Establecimiento de Rutas de Medición

Para el establecimiento de las rutas de medición se tiene que tener presente los siguientes parámetros:

- Puntos de medición en los equipos
- Frecuencia de inspección
- Ubicación geográfica de los equipos

4.4.1 Puntos de medición en los equipos

Generalmente la medición de la vibración se realizan en los rodamientos o apoyos de las máquinas, los transductores deben ser colocados lo más cerca posible de los cojinetes de la máquina porque es a través de ellos que se transmiten las fuerzas vibratorias.

Además de las características esenciales de la vibración, tales como amplitud, frecuencia y fase, es muy útil medir la vibración en varias direcciones. Esto representa otra característica esencial de la vibración, la dirección o sentido del movimiento.

Existen tres sentidos importantes para las mediciones:

Los sentidos horizontal y vertical, llamados también direcciones radiales. Las mediciones en dirección radial se toman con el eje del transductor colocado a 90° con respecto al eje de rotación de la máquina.

La medición en el *sentido axial* se toma a lo largo de una línea paralela al eje central de rotación del eje de la máquina.

Al tomar las lecturas de vibración, se debe prestar atención para que el transductor este cuidadosamente apuntando en el sentido requerido y que asiente bien en la superficie en la que se coloca.

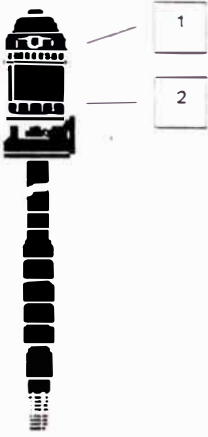

El saber en que dirección es mayor la vibración nos ayuda en la búsqueda de la causa de la vibración, la cual conjuntamente con un análisis de frecuencias, podemos conocer la causa de estas, por ejemplo, una vibración en el sentido horizontal puede deberse a un desbalance o a excentricidad; si la vibración es mayor en el sentido axial, la causa de la vibración podría ser un eje doblado o un desalineamiento angular, si es mayor la vibración en el

sentido vertical esto podría deberse a un aflojamiento de pernos de la base de la máquina o a una mala cimentación.

Otro aspecto importante al momento de seleccionar los puntos de medición es conocer las características de la máquina especialmente la velocidad de rotación de cada punto a medir, dato muy importante cuando se analiza las frecuencias, adicionalmente a esto, también se debe conocer que tipos de rodamientos van en cada apoyo, ya que estas características nos permiten encontrar las frecuencias que se pueden presentar y a la vez podemos determinar que rango de frecuencia usar para el análisis, ya que este puede ser relacionado desde el software de programación.

Los puntos de medición en donde se va a colocar el sensor, deben estar marcados para que siempre se coloque en esa misma posición y además facilite la identificación del punto para cualquier personal que tenga que tomar mediciones.

En las estaciones de bombeo se tienen cuatro equipos de bombeo típicos, para los cuales los puntos de medición se muestran en los siguientes esquemas.

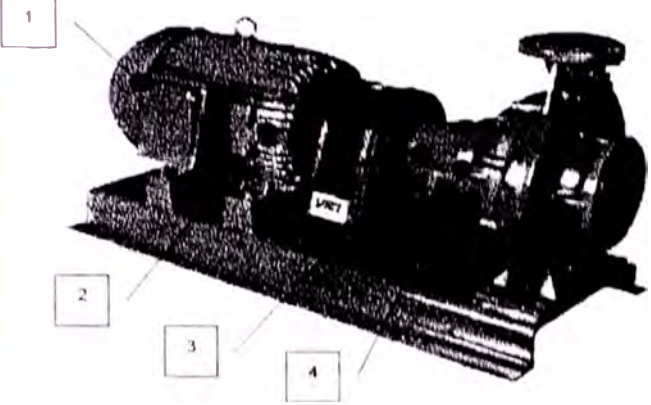
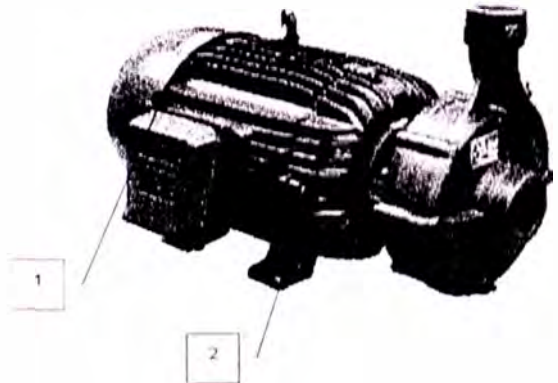
TIPO DE EQUIPO DE BOMBEO	PUNTOS DE MEDICIÓN
<p>PM1: Bomba turbina vertical (BTV)</p> 	<p>Punto 1: H – V - A</p> <p>Punto 2: H – V - A</p>
<p>PM2: Bomba sumergible (BS)</p> 	<p>Punto 1: H - V</p>

PM : Punto de medición

H : Horizontal

V : Vertical

A : Axial

TIPO DE EQUIPO DE BOMBEO	PUNTOS DE MEDICIÓN
<p>PM3: Bomba centrífuga horizontal (BCH)</p> 	<p>Punto 1: H – V – A</p> <p>Punto 2: H – V – A</p> <p>Punto 3: H – V</p> <p>Punto 4: H - V</p>
<p>PM4: Electrobomba horizontal (EB)</p> 	<p>Punto 1: H – V</p> <p>Punto 2: H - V</p>

PM : Punto de medición

H : Horizontal

V : Vertical

A : Axial

Los puntos de medición, el sentido y las unidades respectivas se detallan en el Apéndice D.

4.4.2 Frecuencia de Inspección

La frecuencia de inspección de los equipos de bombeo esta determinado por:

- Carácter estratégico de los equipos y criticidad de estos
- Número de equipos de bombeo a controlar
- Antigüedad de los equipos
- Instrumentos de medición disponibles
- Personal disponible para medir

En nuestro caso tenemos frecuencias mensuales y bimensuales:

Mediciones mensuales: están incluidos todos los equipos de criticidad 1.

Mediciones bimensuales: están incluidos los equipos de criticidad 2 y los de criticidad 3.

4.4.3 Ubicación geográfica de los equipos

Los equipos de bombeo de nuestro estudio se encuentran ubicados en el cono norte de la ciudad de Lima, distribuidos por distritos como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro No 4.2 Distribución de equipos por distrito y nivel de criticidad

Distrito	Tipo de Estación		Total
	CR	P	
Ancón	5		5
Bellavista		2	2
Callao	4	16	20
Carabaylo	10	11	21
Carmen de la Legua		2	2
Comas	38		38
Independencia	44		44
La Perla	11		11
La Punta			0
Los Olivos	2		2
Puente Piedra	21	16	37
Rímac	23		23
San Martín de Porres	6	4	10
Ventanilla	4		4
Total	168	51	219

CR: Cámara de Rebombeo, P: Pozo

Una vez definida las frecuencias de inspección y los puntos de medición, los equipos de bombeo se agrupan en equipos que tengan igual frecuencia de inspección y ubicación geográfica cercana para minimizar los costos de transporte y evitar recorridos largos en un día, así por ejemplo en un día de trabajo debe evitarse realizar inspecciones en los distritos del Rimac y Ventanilla.

4.5 Selección de Instrumentos y otros Requerimientos

A continuación se mencionan los instrumentos y equipos que se utilizan en el mantenimiento predictivo de los equipos de bombeo.

4.5.1 Analizador de Vibraciones

El analizador de espectros, que consta de un instrumento colector de datos: el dataPAC modelo 1250 IRD con su respectivo software de análisis de espectros, tendencias y cascada: EL ODYSSEY CLÁSICO ENTEK IRD-USA, que reporta las fallas automáticamente.

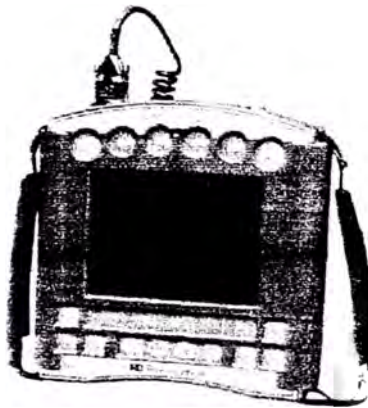


Figura 4.2 dataPAC 1250



Figura 4.3 Aplicación del dataPAC 1250

El equipo con tecnología FFT nos permite identificar rápidamente los problemas de falla, tales como:

- Desbalance dinámico en bomba o motor
- Desalineamiento entre motor y bomba
- Falla de rodamiento en motor o bomba.
- Falla de cavitación en bomba.
- Falla de turbulencia, cavitación y recirculación en la línea de succión y descarga de la bomba.
- Falla de soldadura interna por desgaste en los impulsores, bocinas, ejes u otro componente.
- Falla de soldadura externa en la base metálica y de concreto.
- Falla por resonancia en el motor y bomba.
- Falla de pata coja en motor o bomba.
- Falla de ajustes radiales o axiales.
- Falla por excentricidad entre el rotor y estator.
- Falla por barras abiertas en rotor.
- Falla por bobinado defectuoso.

Así mismo nos permite efectuar correcciones de balanceo dinámico en sitio.

4.5.2 Analizador Balanceador

Equipo balanceador de modelo IRD 885 USA, que es un instrumento que realiza balance "in situ" con luz estroboscopia y sonda láser.



Figura 4.4 Equipo balanceador IRD 885 USA

Este equipo realiza balance "in situ" que es el proceso de balancear el equipo sin sacar la máquina, esto elimina el tiempo consumido en el desmontaje y evita de daños en el rotor que puede ocurrir durante el desmontaje, transporte hacia y desde la máquina de balanceo y finalmente, reinstalación en la máquina.



Figura 4.5 Balanceo in situ con equipo balanceador IRD 885

4.5.3 Termómetro Infrarrojo

El termómetro de no contacto con puntero láser, marca Raytek y modelo RAYMT2; puede tomar la temperatura en el instante que se solicita y en los lugares programados o que se sospeche tenga recalentamiento, como son:

- Bornes de las conexiones en los tableros
- Bornes y bobina de los contactores
- Conexiones cable motor
- Bobinas del motor
- Puntos calientes del motor
- Puntos calientes de bomba (zona de rodamientos)



Figura 4.6 Termómetro infrarrojo

4.5.4 Computadora Personal

La computadora personal, Pentium III es utilizada para el análisis de los espectros con el software: El ODYSSEY CLÁSICO ENTEK IRD-USA; así como almacenar los datos y reportes de mantenimiento predictivo.

4.5.5 Camioneta Doble Cabina

Unidad vehicular necesaria para movilizar al personal y los equipos, por la gran distancia entre las estaciones de bombeo. La unidad deberá tener un equipo de comunicación móvil inalámbrico así como la totalidad de los accesorios (llanta de repuesto, herramientas básicas, linterna, llave de ruedas, gata, equipo contra incendio, etc). El color de la unidad debe ser blanco.

4.6 Personal para Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo necesita el siguiente personal:

- Ingeniero de Mantenimiento Predictivo
- Técnico Especializado

Las características del personal se encuentran en el Apéndice F.

4.6.1 Ingeniero de Mantenimiento Predictivo

Es el responsable del mantenimiento predictivo, debe ser preferentemente una persona de formación técnica superior, sus funciones serán:

- Preparar el plan de mantenimiento predictivo, determinando los equipos que se examinarán y establecer un cronograma de inspecciones.

- Definir y revisar los niveles de alarma y los parámetros que se utilizarán en las mediciones.
- Analizar la información de las mediciones, establecer diagnósticos de fallas en los equipos y estimar las tendencias de estos.
- Planificar las reparaciones y emitir las O/T, previa coordinación con SEDAPAL, indicando la condición detectada y la acción correctiva recomendada.
- Estar al corriente de las técnicas del mantenimiento predictivo ya que estas cambian continuamente.

4.6.2 Técnico Especializado

Es el encargado de efectuar la toma de datos, según un plan o ruta de visitas definido y preparado de antemano. También es el encargo de realizar el alineamiento y balanceo a los equipos de bombeo.

4.7 Estructura Final del Programa

En las secciones anteriores se han definido los equipos a ser incluidos en el programa, los niveles aceptables de vibración, las rutas de medición y los instrumentos de medición y el personal de mantenimiento predictivo. Todas estas variables forman parte de la estructura final del programa.

La Figura 4.7 nos indica como esta constituida la estructura final del programa. La base de estructura del programa es el personal que realizará

la inspección, análisis, y acciones correctivas necesarias a los equipos para que mantengan condiciones de operación óptimas.

El trabajo de inspección y análisis del personal se realiza a través de los instrumentos seleccionados.

La inspección de los equipos, debido a la distancia y similitud de equipos con que cuenta SEDAPAL se realizan a través de rutas predefinidas y que tienen equipos de bombeo donde se han establecido sus niveles aceptables de medición, las frecuencias de inspección y los puntos de medición.

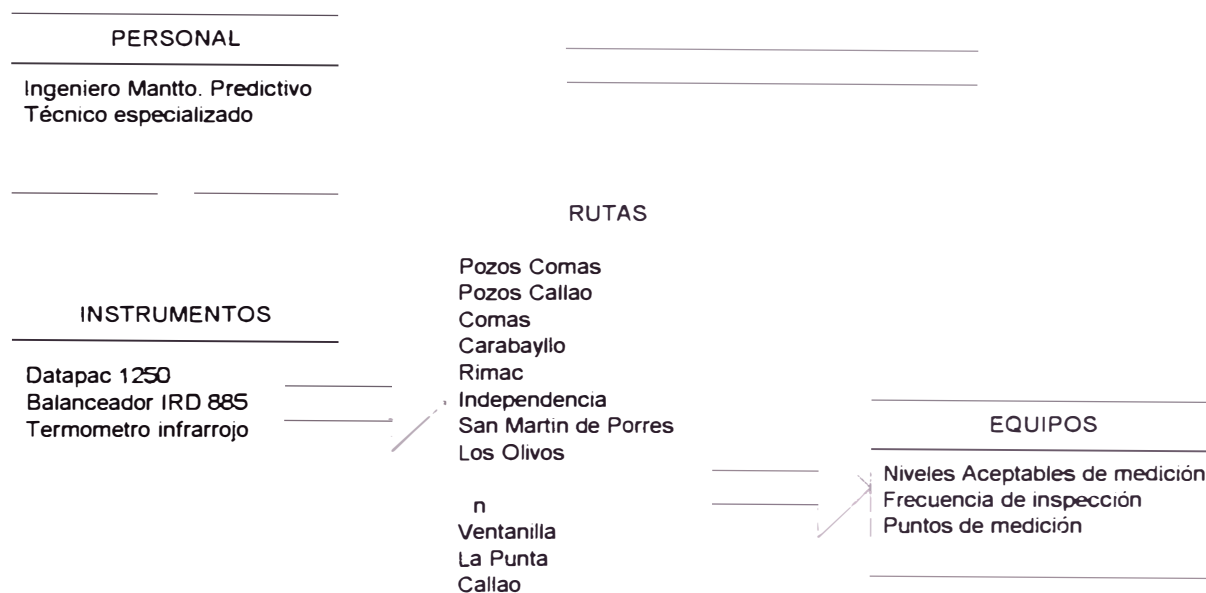


Figura 4.7 Estructura final del Programa de Mantenimiento Predictivo

CAPÍTULO V

IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA

5.1. Estado Inicial de los Equipos

Inicialmente se desconocen las condiciones mecánicas en que se encuentran las máquinas, es necesario establecer mediciones para cada máquina a diagnosticar. Las mediciones subsecuentes serán comparadas con estas de referencia, así como los límites preestablecidos.

Esta medición base es por definición, una serie de mediciones realizadas sobre una máquina bien equilibrada, bien alineada y que este funcionando en condiciones operativas normales.

Los niveles de vibración “normales” en dichas condiciones, servirán como “línea de base” de comparación.

En nuestro caso de estudio base después de tomar la primera medición de vibraciones y realizar la comparación con los límites preestablecidos se obtuvieron que 127 equipos en estado bueno y tolerable, 30 equipos en

estado semi-crítico y 62 equipos en estado crítico. La distribución en porcentaje del estado inicial de los equipos se muestran en la Figura 5.1.

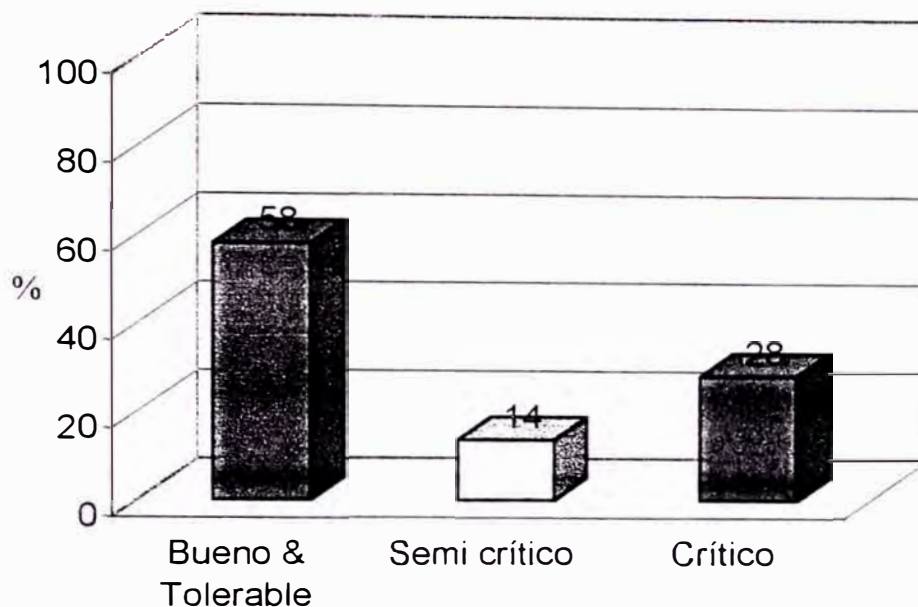


Figura 5.1 Estado inicial de equipos - GSN

Así mismo de los 219 equipos, 20 tenían problemas de desalineamiento, 31 equipos con desbalance y 22 equipos tenían fallas en rodamientos. El porcentaje de estos problemas iniciales se muestran en la Figura 5.2.

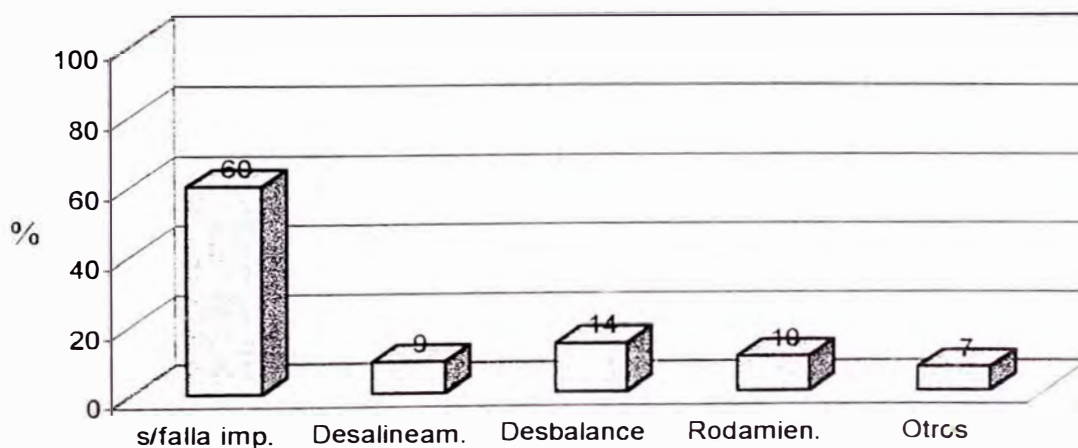


Figura 5.2 Falla inicial detectada de equipos - GSN

Finalmente, la efectividad total tanto de cámaras de rebombeo como de los pozos antes de implementarse el mantenimiento predictivo se muestra en la Figura 5.3.

La manera de calcular la efectividad total se indica en el Apéndice B.5

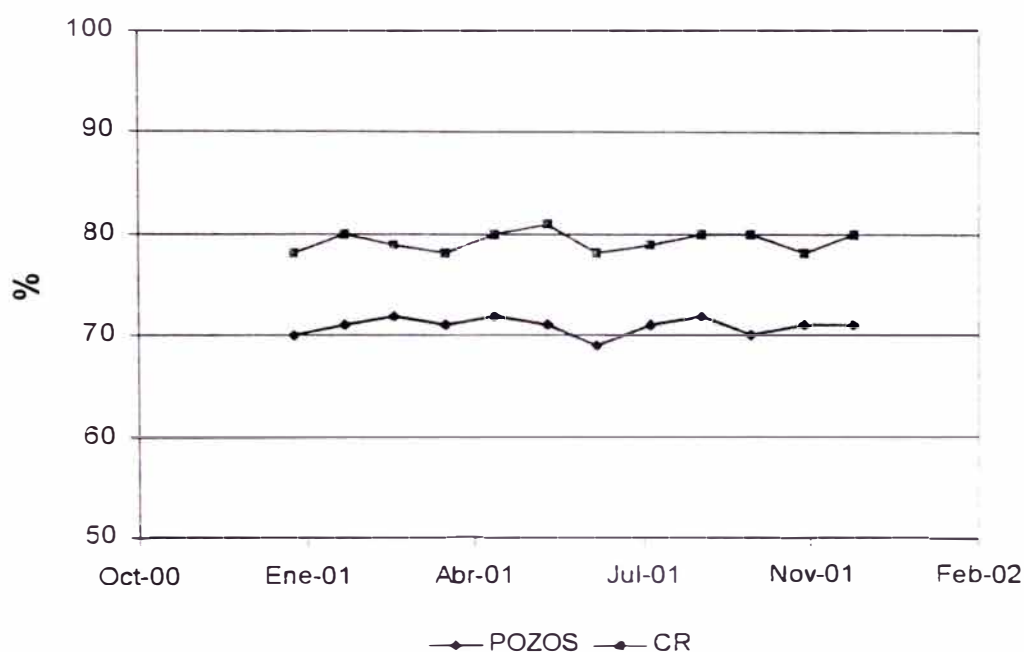


Figura 5.3 Efectividad total de las estaciones de bombeo - GSN

5.2. Acciones Correctivas

Una vez que se termina tomar vibraciones y realizar el análisis de espectros, se encuentra que los equipos de bombeo presentan fallas como las indicadas en el Cuadro 5.1.

Cuadro 5.1 Numero de fallas detectadas

Falla	Ene-02	Dic-02
Desalineamiento	20	8
Desbalance	31	19
Rodamientos	22	19
Otros (turbulencia, cavitación, partes flojas, etc.)	15	10
Total	88	56

El responsable de mantenimiento predictivo informa y coordina con los supervisores de SEDAPAL para realizar las acciones correctivas a los equipos que se encuentran en estado crítico y semi-crítico. Luego se emiten las ordenes de trabajo para las cuadrillas mecánicas de SEDAPAL y/o la compañía contratista. (Ver organigrama de la Figura 5.4)

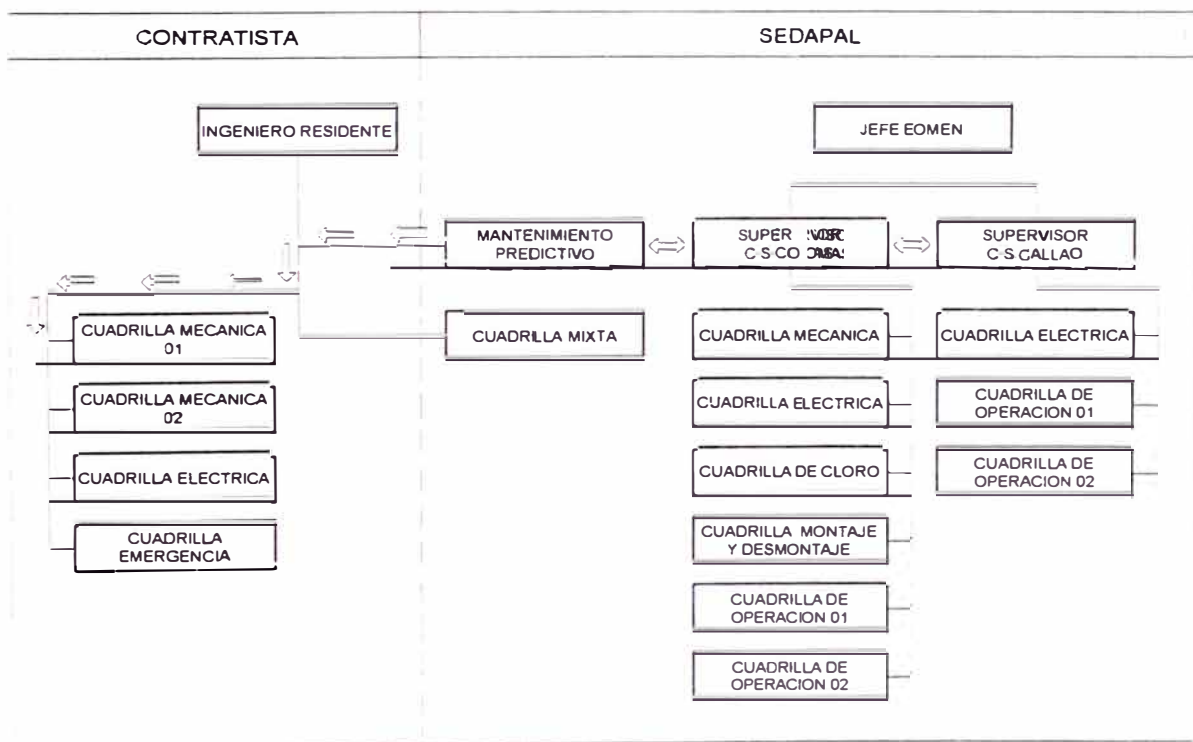


Figura 5.4 Organigrama de Compañía Contratista y el Equipo de Operación y Mantenimiento Electromecánico Norte - SEDAPAL

Las acciones correctivas mas frecuentes son alineamiento, balanceo, cambio de rodamientos y cambio de ejes en bombas de pozo.

Terminada la acción correctiva en un equipo se toma nuevamente vibraciones para verificar la nueva condición del equipo.

El Programa de Mantenimiento Predictivo en la Gerencia de Servicios Norte se inicio en enero del 2002; y a diciembre del 2002, se ha logrado reducir el estado critico de los equipos y el porcentaje de tipo de fallas como se muestra en la Figura 5.5 y Figura 5.6 respectivamente.

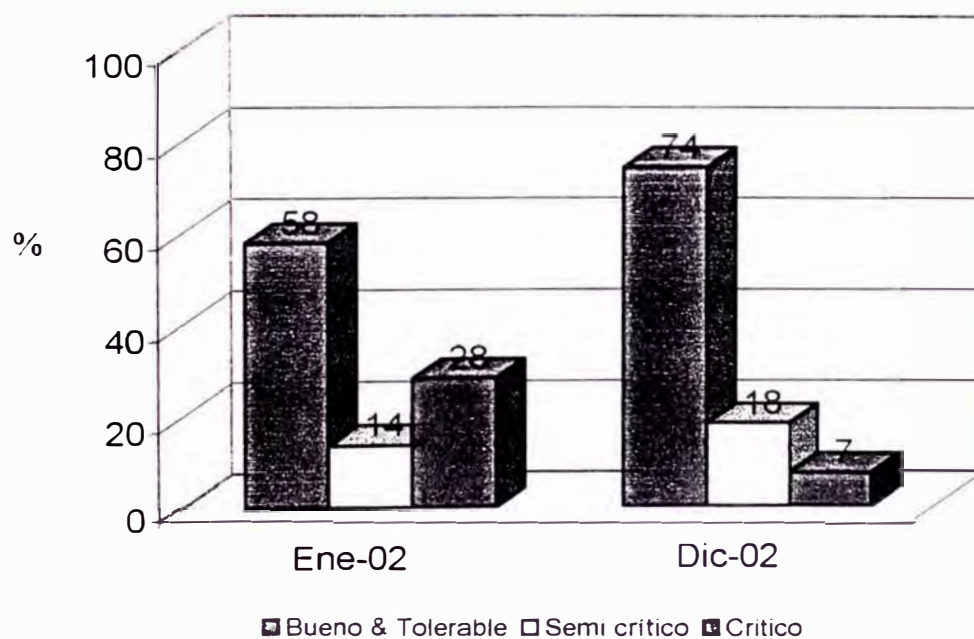


Figura 5.5 Estado de equipos - GSN

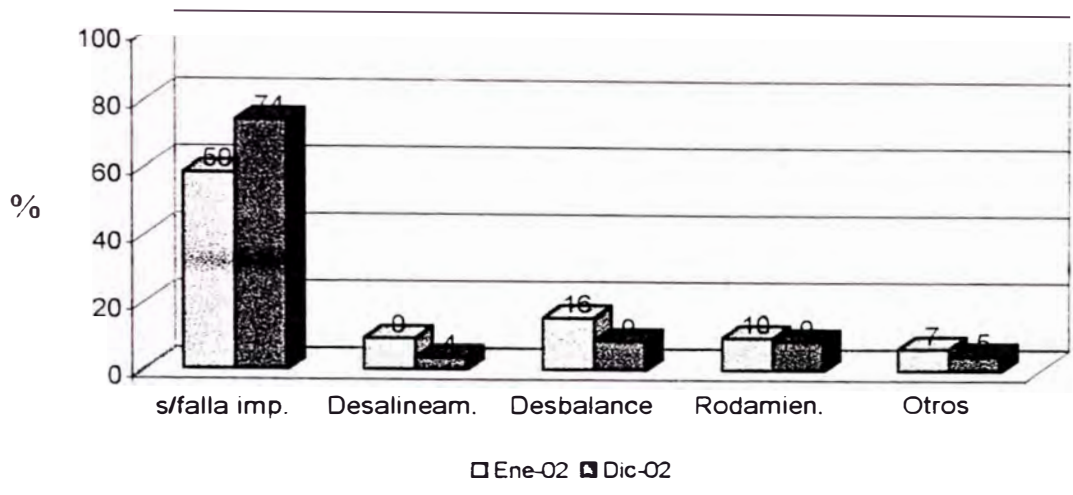


Figura 5.6 Comparación de fallas en equipos - GSN

Después de la implementación del mantenimiento predictivo la efectividad total de las estaciones de bombeo se ha incrementado como se muestra en la gráfica llegando a diciembre del 2002 a 88% en cámaras de rebombeo y a 82% en pozos (ver Figura 5.7)

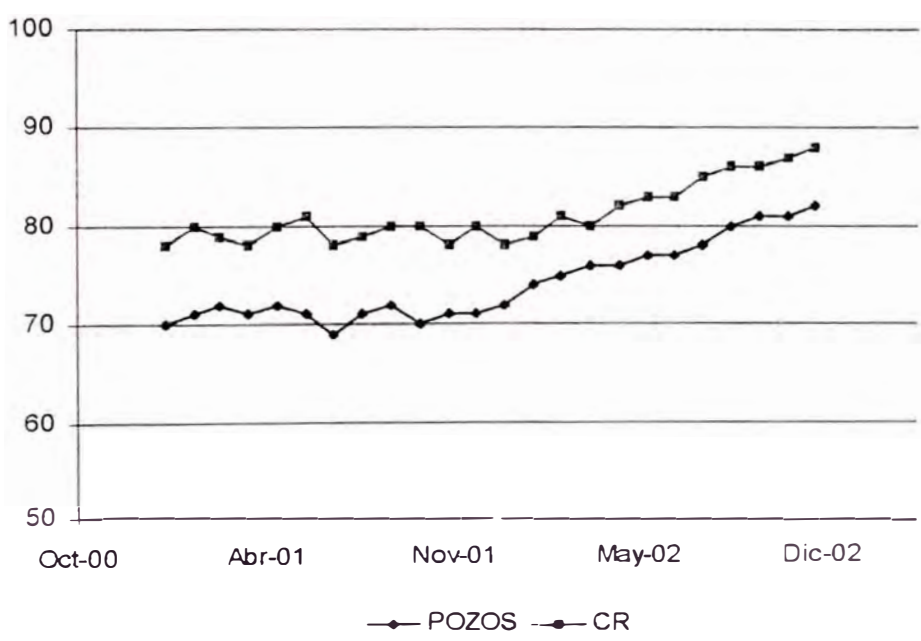


Figura 5.7 Efectividad total de las estaciones de bombeo - GSN

Finalmente, la implementación del programa ha contribuido en la disminución del número de reclamos operativos en la Gerencia de Servicios Norte. En la Figura 5.8 se muestra los reclamos operativos durante el año 2002, suministrados por el Equipo de Operación y Mantenimiento de Redes e incluye los reclamos de los usuarios por problemas en los servicios de agua potable y alcantarillado. La contribución del Equipo de Operación y Mantenimiento Electromecánico en la reducción de los reclamos es aproximadamente de 3%. (aprox. 29 reclamos por mes)

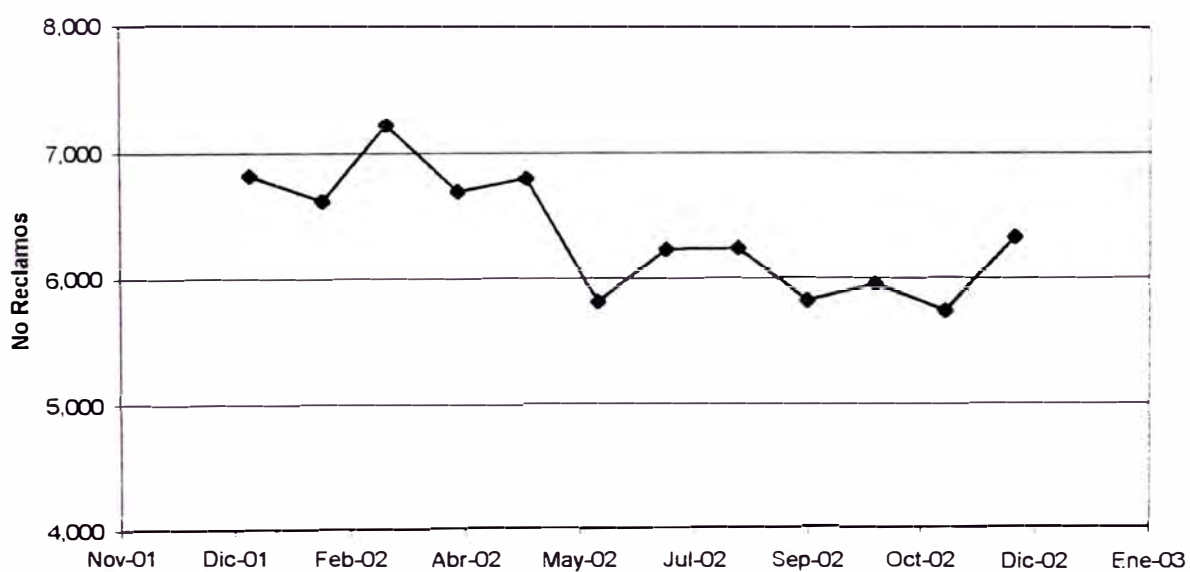


Figura 5.8 Número de reclamos operativos - GSN

5.3. Sistema de Control por Plantas

Debido a la distribución dispersa de las estaciones de bombeo, ubicadas en diferentes distritos del cono norte de Lima, en la Gerencia de Servicios Norte se ha implementado un sistema de control por plantas.

Este sistema consiste en monitorear y controlar el estado operativo de los equipos organizados en plantas (las rutas que se vieron en la sección 4.4) bajo las siguientes condiciones:

1. La toma de datos y el análisis de la vibración esta a cargo del Area de Mantenimiento Predictivo, así como los trabajos de alineamiento y balanceo.
2. Los trabajos correctivos de mayor tamaño como cambio de rodamientos, cambio de impulsores, cambio de base, etc. están a cargo de las cuadrillas de mantenimiento electromecánico de SEDAPAL y/o la compañía contratista.
3. La condición operativa de los equipos, basada en su nivel de vibración esta clasificado en tres niveles:
 - Bueno y Tolerable
 - Semi-crítico
 - Crítico

En la Figura 5.9 se observa el sistema de control de la Planta “Pozos Comas”, la cual consta de 17 equipos. En este esquema indica los siguientes datos:

1. Equipo

2. Estado anterior
3. *Reporte del análisis vibracional*, resume las fallas detectadas en el equipo así como la acción correctiva recomendada.
4. *Fecha*, del ultimo análisis vibracional
5. *Próximo control*, fecha programada para siguiente toma de vibraciones.
6. *Gráfico de estado actual* de toda la planta
7. *Gráfico comparativo de estado de la planta* con respecto a su estado anterior.

Este sistema de control por plantas nos permite:

1. Tener un control de la condición operativa del equipo por su ubicación geográfica, permitiendo así su comparación fácil con datos anteriores.
2. Permite fácil identificación y ubicación de los problemas para el personal encargado de realizar los mantenimientos correctivos.
3. Los supervisores responsables de las plantas tienen un control visual que les permite observar la condición en la que se encuentra su "planta".
4. Permite priorizar las plantas que necesitan un mayor control.
5. Finalmente, permite relacionar los problemas operativos presentados con otras áreas de interés como redes, comercial, etc.

REPORTE DEL ANÁLISIS VIBRACIONAL - DICIEMBRE 2002

PLANTA: POZOS COMAS

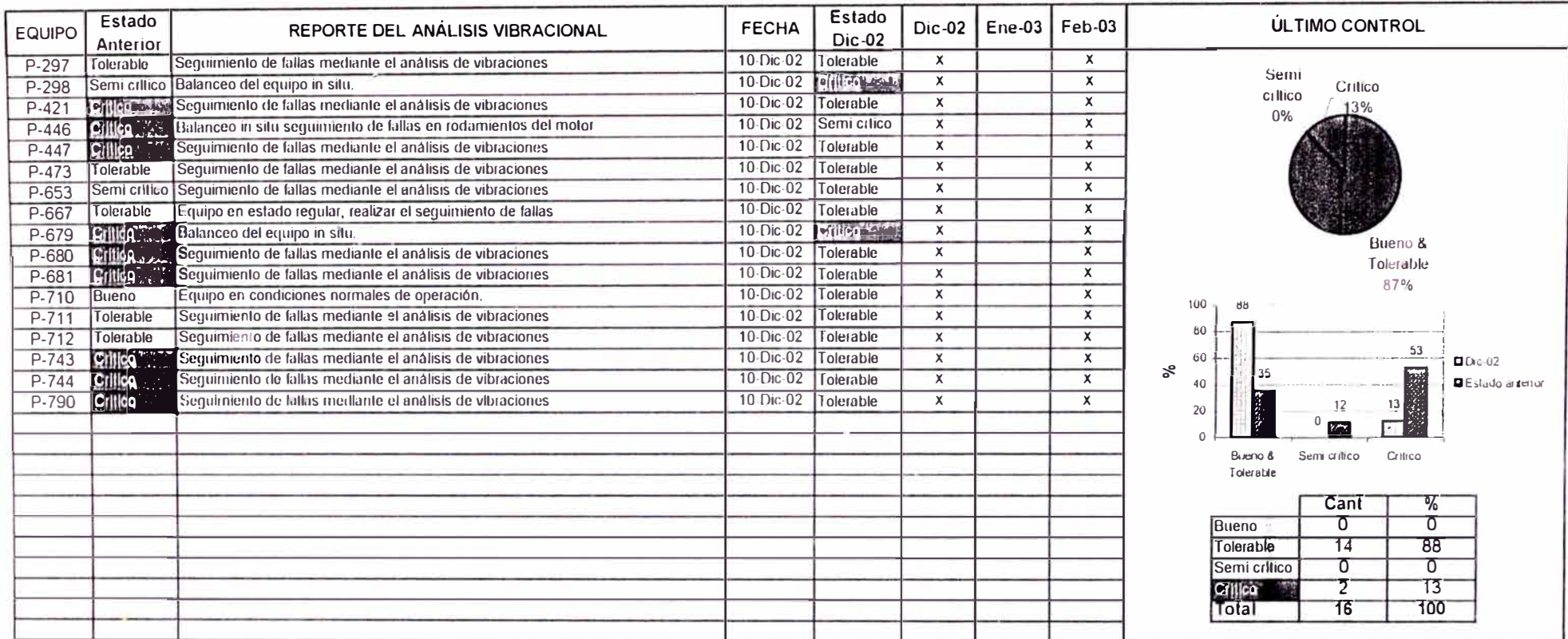


Figura 5.9 Sistema de Control de la Planta Comas

5.4. Verificación y Mejora Continua del Programa

El desarrollo del mantenimiento predictivo consta de tres etapas básicas:

DETECCIÓN ANÁLISIS CORRECCIÓN

El primer paso del programa consiste en la detección del problema. Esto significa prestar suma atención al nivel de vibración de una máquina y tomar nota de cualquier incremento. Todas las máquinas incluidas en el programa deberán ser sometidas a verificaciones periódicas de acuerdo al plan de rutas trazado previamente.

Una vez detectado el problema, el paso siguiente consiste en determinar la naturaleza del mismo mediante un análisis en profundidad del estado en que la máquina se encuentra y que se realiza a través de varias técnicas, como el análisis espectral y el análisis de fase. El propósito es confirmar la existencia de un determinado problema llevando a cabo el diagnóstico del fallo así como un pronóstico de sus posibles consecuencias.

Una vez diagnosticado el problema, se programa las medidas correctivas para el período que mejor convenga al cronograma de operaciones de la estación de bombeo.

Durante el desarrollo del programa de mantenimiento predictivo, generalmente se va variando los parámetros de medición y se va adecuando

a los que resulten mas didácticos y útiles para la detección y análisis, también se van modificando los intervalos entre mediciones de acuerdo a como se comporten las máquinas, acortando algunas frecuencias y alargando otras (Figura 5.10).

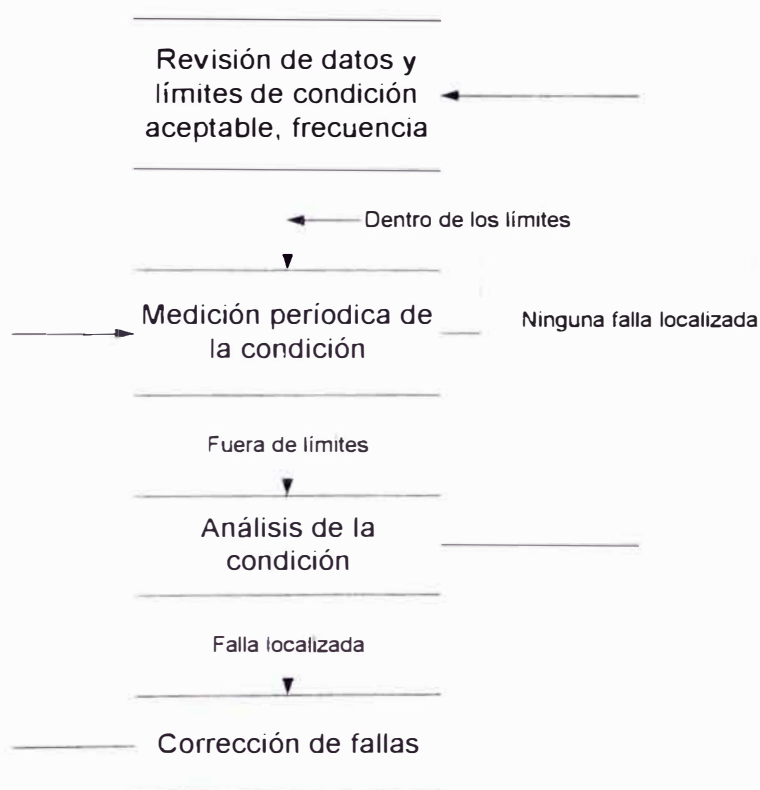


Figura 5.10 Etapas del proceso de Mantenimiento Predictivo

Todo esto en base a la experiencia que se va adquiriendo, permite ir mejorando el programa y así obtener una mayor confiabilidad y efectividad total de los equipos de bombeo.

Finalmente, la mejora continua en el programa de mantenimiento predictivo tiene que alinearse con los objetivos trazados de SEDAPAL y la Compañía Contratista para mejorar la operación de las estaciones de bombeo.

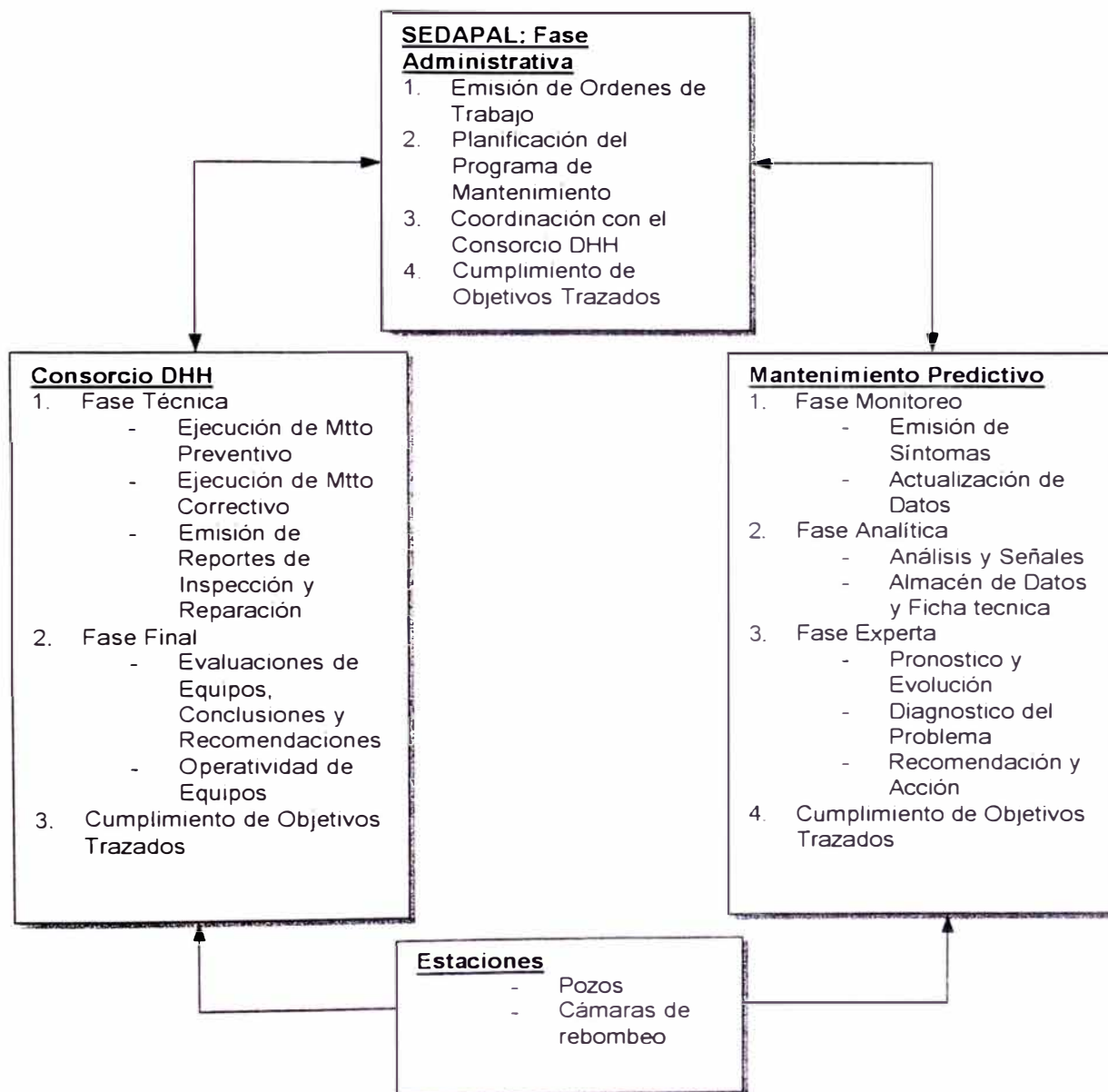


Figura 5.11 Ciclo de Mantenimiento Consorcio DHH - SEDAPAL

CAPÍTULO VI

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para evaluar el ahorro con la implementación del mantenimiento predictivo, se controla el comportamiento económico de los equipos, rastreando los costos incurridos en los mantenimientos preventivos y correctivos realizados en un período de aplicación del mantenimiento predictivo y comparándolo con referencias económicas históricas.

Para esto se cuenta con el software de mantenimiento creado por el Consorcio DHH, que permite controlar los costos incurridos en el mantenimiento de los equipos

6.1. Determinación del Costo de Mantenimiento Predictivo

En esta parte se determina porque el mantenimiento predictivo en SEDAPAL se realiza a través de terceros. Primero se determina la inversión necesaria para crear un área de mantenimiento predictivo y luego se compara con el costo del servicio prestado por terceros.

6.1.1 Inversión para el Área de Mantenimiento Predictivo

Para tener un área de mantenimiento predictivo en la Gerencia de Servicios Norte es necesario realizar una inversión en equipos de medición, así como incurrir en gastos de personal y transporte, como se muestra en el Cuadro 6.1 y 6.2 respectivamente.

Cuadro No 6.1 Inversión inicial en equipos de medición y control

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Total
DataPAC 1500	uni	1.00	48,282.75	48,282.75
Software EMONITOR Odysset Classic	uni	1.00	43,125.00	43,125.00
Accesorios DataPAC	uni	1.00	12,627.00	12,627.00
Equipo de alineamiento láser, marca Rotalign	uni	1.00	29,325.00	29,325.00
Termómetro Láser, marca Raytek modelo ST-30	uni	1.00	1,552.50	1,552.50
Lap Top Pentium III	uni	1.00	5,175.00	5,175.00
Total Inversión Equipos			S/.	140,087.25

Cuadro No 6.2 Costo anual en personal y transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Total
Ingeniero Mantenimiento Predictivo ^(a)	mes	12.00	5,184.90	62,218.80
Técnico especializado ^(b)	mes	12.00	2,666.52	31,998.24
Capacitación	cursos	4.00	2,070.00	8,280.00
Vehículo	mes	12.00	3,500.00	42,000.00
Total Costos Personal y Vehículo (anual)			S/.	144,497.04

(a) Sueldo básico: S/. 3,500

(b) Sueldo básico: S/. 1,800

Beneficios sociales: 48.14%

Debido a que constantemente la tecnología en mantenimiento predictivo va evolucionando, se estima que el tiempo de vida estimado de los equipos de mantenimiento predictivo es de 6 años, con lo cual el costo anual en equipos será de S/. 23,347.88

El costo anual de tener un área de mantenimiento predictivo en SEDAPAL sería:

Equipos	:	S/. 23,347.88
Personal	:	S/. 144,497.04
Total anual	:	S/. 167,844.92

6.1.2 Mantenimiento Predictivo por Terceros

El servicio prestado por terceros tiene costos menores en personal, transporte y equipos. Esto debido a que cuenta con infraestructura dedicada al área de mantenimiento y además presta el servicio de mantenimiento predictivo a otras empresas por lo cual reduce sus costos fijos, permitiéndole cobrar así un costo menor, como se muestra en el Cuadro No 6.3.

Cuadro 6.3 Costo anual de mantenimiento predictivo por terceros

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Total
Mano de Obra (M.O)				
Ingeniero Mantenimiento Predictivo ^(a)	mes	12.00	3,333.15	39,997.80
Técnico especializado ^(b)	mes	12.00	2,222.10	26,665.20
Sub Total				66,663.00
Vehículo	mes	12.00	3,000.00	36,000.00
Herramientas y Equipos de Medición	%(M.O)	66,663.00	30.00	19,998.90
Sub Total				122,661.90
Utilidad, 15.60%				19,135.26
Total Mantenimiento Predictivo por Terceros (anual)			S/.	141,797.16

(a) Sueldo básico: S/. 2,250

(b) Sueldo básico: S/. 1,500

Beneficios sociales: 48.14%

Finalmente, del análisis realizado en 6.1.1 y 6.1.2 se tiene que SEDAPAL al realizar el mantenimiento predictivo por terceros, ha ahorrando aproximadamente S/: 26,047.76 al año.

6.2. Determinación de Ahorros por Aplicación

Para determinar los ahorros, se ha comparado las bases de datos de ordenes de trabajo, un año antes y un año después de la aplicación del mantenimiento predictivo.

En el análisis no se considera los costos de producción en que se incurren cuando el equipo de bombeo se paraliza y deja de abastecer a una zona determinada, generando una disminución en el cobro por el servicio a los usuarios finales. La falta del control del volumen producido, se debe a que muchas cámaras de rebombeo no cuentan con medidores de caudal.

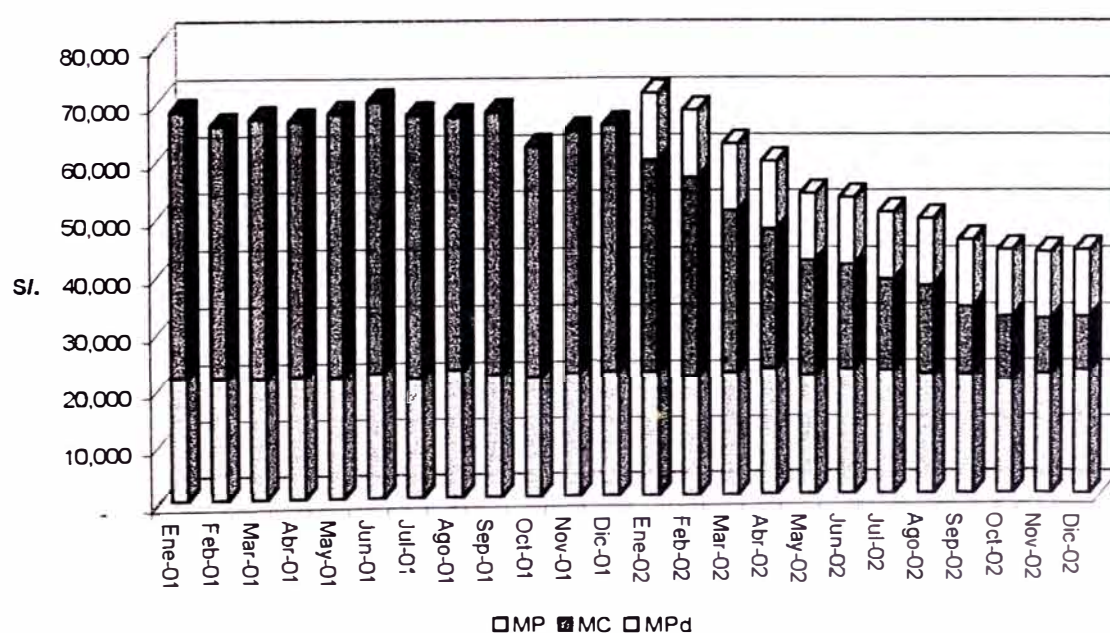


Figura 6.1 Costos por tipo de mantenimiento - GSN

El ahorro generado por la aplicación del mantenimiento predictivo, se refleja en:

- Reducción de costos en materiales y repuestos, debido por ejemplo a que se logra alargar la vida útil de los rodamientos y no incurrir en materiales y repuestos adicionales al prevenir las fallas antes de que estas ocurran.
- Disminución de horas extras.
- Disminución de servicios de terceros, por ejemplo rebobinado de motores.

Resumen del ahorro por aplicación del mantenimiento predictivo

AÑO	TIPO DE MANTENIMIENTO			TOTAL
	MP	MC	MPd	
2001	260,296	539,758		800,054
2002	260,064	239,628	141,797	641,490
AHORRO ANUAL (19.8%)			Si.	158,565

MP : Mantenimiento Preventivo

MC : Mantenimiento Correctivo

MPd : Mantenimiento Predictivo

6.3. Evaluación Costo Beneficio

La evaluación costo beneficio de la implementación del mantenimiento predictivo se realiza con los siguientes indicadores:

- Retorno de la inversión
- Período de devolución

6.3.1 Retorno de la inversión (ROI)

Este indicador determina el valor económico que recibe la empresa por la inversión en la implementación del mantenimiento predictivo.

$$\text{ROI} = \text{Ahorro} / \text{Inversión}$$

$$\text{ROI} = 199,565 / 141,797 = 141\%$$

6.3.2 Período de devolución

Este indicador determina el tiempo en días, meses o años en que un programa toma en devolver la inversión original, se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Período de Devolución} = \text{Inversión} / \text{Ahorro Anual}$$

$$\text{Período de Devolución} = 141,797 / 199,565 = 0.71 \text{ años}$$

CONCLUSIONES

1. Se logró la reducción de los costos de mantenimiento en un 19.8% debido a la disminución de los mantenimientos correctivos no programados.
2. La efectividad total de las cámaras de rebombeo y los pozos se han incrementado en aproximadamente 10%. Esto es debido a que el mantenimiento predictivo permite realizar la inspección de los equipos sin necesidad de paralizarlos, así mismo permite detectar las fallas antes que se produzcan permitiendo programar a tiempo la reparación respectiva.
3. El mantenimiento predictivo través de terceros es 15.5% mas económico que a cargo de SEDAPAL, solo es necesario una adecuada supervisión y control para que el trabajo se efectué con la calidad requerida.

4. La inversión realizada para implementar el mantenimiento predictivo es recuperado en 0.71 años.

5. Se ha contribuido en garantizar el abastecimiento óptimo y la administración eficiente del recurso agua, al disminuir en 3% el número de reclamos operativos de los usuarios.

6. Finalmente, es importante realizar la difusión de las ventajas del mantenimiento predictivo entre el personal de operación y mantenimiento, para conseguir su participación activa en las actividades que se programen con el fin de alcanzar los objetivos de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

1. Tecnología Vibración I, Octava Edición
IRD Mechanalysis, Libro de Texto para Capacitación, USA 1997
2. Curso Práctico de Tecnología de las Vibraciones, Primera Edición
Vibro Technology SRL, Material del Curso, Tacna 1997
3. Mantenimiento Predictivo Basado en la Confiabilidad, Primera Edición
Colegio de Ingenieros del Perú, Editorial W.H. Editores, Lima 1996
4. Bases del Concurso Publico No 057-2000 – LOG “Prestación de servicios para la ejecución de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones electromecánicas de las estaciones de bombeo de la Gerencia de Servicios Norte”
SEDAPAL, 2001
5. Manual del Operador para el Control, Operación y Mantenimiento Menor de los Equipos en las Estaciones de Bombeo y/o Rebombeo.
Primera Edición, SEDAPAL, Folleto Instructivo para Operadores, 1999
6. TPM en Industrias del Proceso, Primera Edición
Tokutaro Suzuki, Editorial TGP-HOSHIN S. L., España 1995

APÉNDICE A

- A.1 CARTILLA ILUSTRADA DE DIAGNÓSTICO DE VIBRACIÓN
- A.2 DEFINICIÓN DE ESTADOS DE LOS EQUIPOS
- A.3 GUÍA GENERAL ENVOLVENTE DE ACELERACIÓN

A.1 CARTILLA ILUSTRADA DE DIAGNÓSTICO DE VIBRACIÓN

La siguiente tabla debería facilitar la evaluación de los estados de maquina más comunes. Estas tablas son el resultado de una gran cantidad de experiencia obtenida en terreno.

Tabla ilustrada de diagnóstico de vibraciones

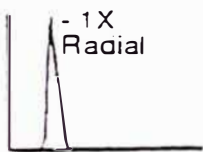

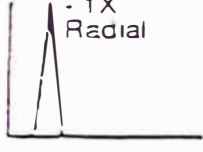
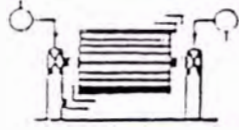
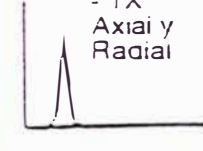
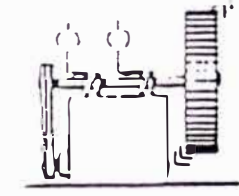
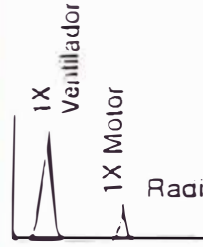
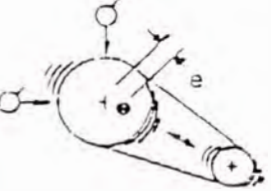
ORIGEN DEL PROBLEMA	ESPECTRO TÍPICO	RELACION DE FASE	OBSERVACIONES
Desequilibrio de fuerza			El desequilibrio de fuerza estará en fase y será estable. La amplitud provocada por el desequilibrio aumentara al cuadrado de la velocidad (un aumento de velocidad de 3X = un aumento de vibración de 9X). 1X RPM siempre esta presente y normalmente domina el espectro. Se puede corregir colocando una sola pesa de equilibrio en un solo plano del centro de gravedad del rotor (CG).
Desequilibrio de acoplamientos			El desequilibrio de acoplamientos tiende a estar 180° fuera de fase en el mismo eje. 1X siempre esta presente y normalmente domina el espectro. La amplitud varia según el cuadrado de la velocidad creciente. Puede causar una alta vibración axial y radial. Para corregirlo, se deben colocar pesas de equilibrio por lo menos en dos planos.
Desequilibrio del rotor en voladizo			El desequilibrio del rotor en voladizo origina una RPM alta de 1X tanto en dirección axial como radial. Las lecturas axiales tienden a estar en fase, mientras que las lecturas de fase radial pueden ser inestables. A menudo, los rotores en voladizo presentan tanto desequilibrio de fuerza como de acoplamiento, cada uno de los cuales probablemente requeriria de corrección.
Rotor excéntrico			La excentricidad se produce cuando el centro de rotación se desfasa del eje longitudinal geométrico de una polea, un engranaje, un cojinete, una armadura de motor, etc. La vibración mas alta ocurre a 1X RPM del componente excéntrico a través del centro de los rotores. La comparación entre lecturas de fase horizontal y vertical usualmente difiere en 0° o en 180° (cada una de las cuales indica movimiento recto). A menudo, al tratar de equilibrar un rotor excéntrico se reducira la vibración en una dirección, pero aumentara en la otra dirección radial (dependiendo del grado de excentricidad).

Tabla ilustrada de diagnóstico de vibraciones

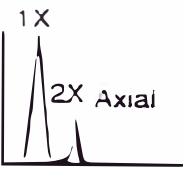

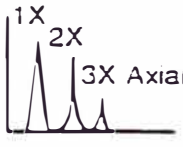

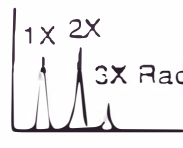

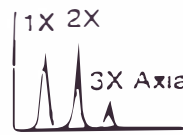
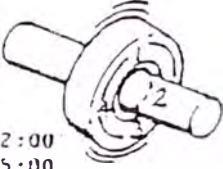
ORIGEN DEL PROBLEMA	ESPECTRO TÍPICO	RELACIÓN DE FASE	OBSERVACIONES								
Desequilibrio de masa (continuación)											
Eje doblado			<p>Los ejes doblados causan una alta vibración axial con diferencias de fase axiales que tienden a los 180° en un mismo componente de la máquina. Normalmente, la vibración dominante será de 1X, si el doblado está cerca del centro del eje, pero aumentará a 2X si este se encuentra cerca del acoplamiento. (no olvide tomar en cuenta la orientación del transductor en cada medición axial, si se invierte la dirección de la sonda)</p>								
Desalineación											
Desalineación angular			<p>La desalineación angular se caracteriza por una vibración axial alta, 180° fuera de fase en el acoplamiento. Comúnmente, se tendrá una vibración axial alta de 1X y 2X RPM. Sin embargo, no es extraño que domine 1X, 2X o 3X. Estos síntomas también pueden indicar problemas en los acoplamientos.</p>								
Desalineación paralela			<p>La desalineación desfasada presenta síntomas de vibración similares a los de la desalineación angular, pero registra una vibración radial alta que se aproxima a 180° fuera de fase en el acoplamiento. A menudo, 2X es mayor que 1X, pero, muchas veces, su altura relativa a 1X está determinada por el tipo y construcción de los acoplamientos. Cuando se agrava la desalineación angular o la desalineación radial, se puede generar amplitudes de picos altas en armónicas mucho más altas (4X - 8X) o incluso una serie completa de armónicas de alta frecuencia similares en apariencia al huelgo mecánico. Cuando la desalineación es grave, la construcción de los acoplamientos a menudo influirá en gran medida en la forma del espectro.</p>								
Cojinete desalineándose e inclinado sobre el eje		<p>Fase</p> <table border="1" data-bbox="614 1713 742 1825"> <tr><td>1</td><td>2:00</td></tr> <tr><td>2</td><td>5:00</td></tr> <tr><td>3</td><td>8:00</td></tr> <tr><td>4</td><td>11:00</td></tr> </table> 	1	2:00	2	5:00	3	8:00	4	11:00	<p>Un cojinete inclinado generará gran cantidad de vibración axial. Esto causará un movimiento rotatorio con un cambio de fase de 180° de arriba a abajo y/o de lado a lado según como se midió en la dirección axial de la caja del mismo cojinete. No servirá intentar alinear los acoplamientos o equilibrar el rotor. El cojinete se debe retirar y luego se debe instalar en forma correcta.</p>
1	2:00										
2	5:00										
3	8:00										
4	11:00										

Tabla ilustrada de diagnóstico de vibraciones

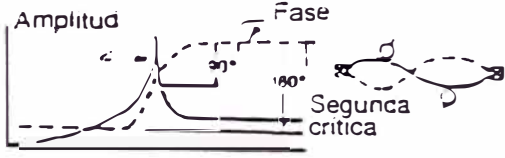
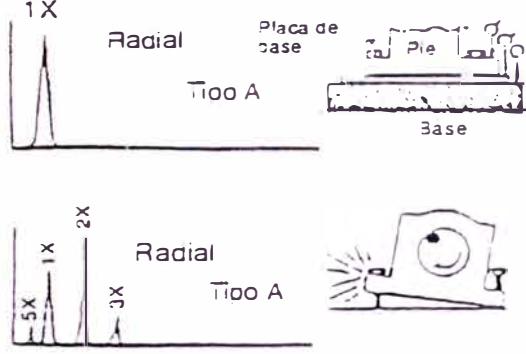
ORIGEN DEL PROBLEMA	ESPECTRO TÍPICO	RELACION DE FASE	OBSERVACIONES
Resonancia			<p>La resonancia ocurre cuando una frecuencia de fuerza coincide con una frecuencia natural del sistema, lo que puede producir una gran amplificación de la amplitud. Esto puede provocar fallas prematuras e incluso catastróficas. Puede que sea una frecuencia natural del rotor, pero a menudo puede originarse en el armazón de apoyo, en los cimientos, en la caja de engranajes o incluso en las correas de transmisión. Si un rotor está en resonancia, o casi en resonancia, será virtualmente imposible equilibrarlo debido al gran cambio de fase que experimenta (90° en resonancia; casi 180° al cruzarla). Por lo general, es necesario cambiar la ubicación de la frecuencia natural. Las frecuencias naturales no varían con un cambio de velocidad, lo que facilita su identificación.</p>
Huelgo mecánico			<p>Los espectros del tipo A, B o C indican la presencia de huelgo mecánico. El espectro del tipo A se produce cuando hay huelgo o debilidad en los pies, la placa de base o los cimientos de la máquina, cuando hay juntas deterioradas, pernos de sujeción sueltos en la base y cuando se produce una deformación en el armazón de la estructura o en el pedestal del cojinete. Generalmente, el espectro de tipo B se produce cuando no hay un ajuste adecuado entre los componentes, lo que producirá muchas armónicas debido a la respuesta no lineal de las partes sueltas a las fuerzas dinámicas que provienen del rotor. Esto provoca un corte en la onda de tiempo. Generalmente, el espectro de tipo C se produce cuando el revestimiento del cojinete se suelta en su sombrerete, cuando existe una separación excesiva en los manguitos o rodillo del cojinete; o bien, cuando un rotor se suelta en un eje. A menudo, la fase del tipo C es irregular y puede variar considerablemente de una medición a otra, especialmente si el rotor cambia de posición en el eje cada vez que se enciende la máquina. El huelgo mecánico es a menudo altamente direccional y puede provocar lecturas muy diferentes si se comparan los niveles a incrementos de 30° en dirección radial alrededor de toda la envoltura del cojinete. Fijese también que el huelgo a menudo provocará múltiples subarmónicos exactamente a 1/2 o 1/3X RPM (0.5X, 1.5X, 2.5X, etc.)</p>

Tabla ilustrada de diagnóstico de vibraciones

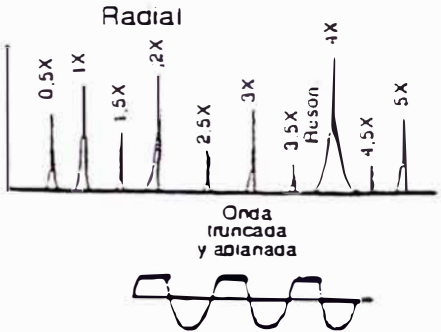
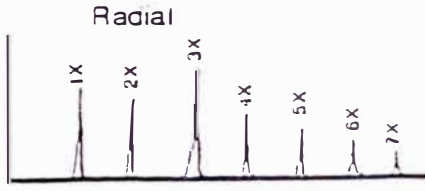
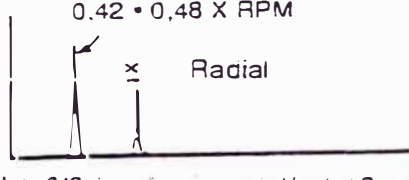
ORIGEN DEL PROBLEMA	ESPECTRO TÍPICO	RELACION DE FASE	OBSERVACIONES
<p>Roce del rotor</p>			<p>El roce del rotor provoca espectros similares a los del huelgo mecánico cuando las partes rotatorias entran en contacto con componentes fijos. El roce puede ocurrir parcial o completamente durante la revolución. Habitualmente genera una serie de frecuencias que a menudo producen una o más resonancias. A menudo producen subarmónicas racionales de la velocidad de funcionamiento (1/2, 1/3, 1/4, 1/5, ... 1/n) según la ubicación de las frecuencias naturales del rotor. El roce del rotor puede producir muchas frecuencias altas (similares al ruido de banda que se produce al desplazar un pedazo de tiza en una pizarra). Puede ser muy grave y de corta duración cuando se debe al contacto del eje con la guarnición antifricción del cojinete, pero es menos grave cuando un eje roza un sello, un aspa agitadora roza la pared de un estanque o cuando una protección de acoplamiento presiona el eje.</p>
<p>Cojinetes de manguito Problemas de desgaste/separación</p>			<p>Normalmente, las últimas etapas del desgaste de cojinetes de manguito se hacen evidentes debido a la presencia de una serie completa de armónicas de velocidad de funcionamiento (hasta 10 o 20). A menudo, los cojinetes de manguito con rascador permitirán amplitudes verticales altas en comparación a las amplitudes horizontales. Los cojinetes de manguito que presentan una separación excesiva pueden permitir que un desequilibrio y/o desalineación menor cause una vibración alta que sería mucho menor si la separación de los cojinetes fuera la especificada.</p>
<p>Inestabilidad debido a remolinos de aceite</p>			<p>La inestabilidad debido a remolinos de aceite ocurre a 0.42 - 0.48 X RPM y por lo general es bastante grave. Se considera excesiva cuando la amplitud sobrepasa el 50% de la separación de los cojinetes. El remolino de aceite es una vibración provocada por una capa de aceite que se produce cuando las variaciones en el estado de funcionamiento normal (ángulo de posición y proporción de excentricidad) hacen que cuñas de aceite "empujen" al eje haciéndolo girar en el interior del cojinete. La fuerza desestabilizadora que se produce en la misma dirección de la rotación provoca un remolino o presión. Los remolinos son de por sí irregulares debido a que aumentan la</p>

Tabla ilustrada de diagnóstico de vibraciones

ORIGEN DEL PROBLEMA	ESPECTRO TÍPICO	RELACIÓN DE FASE	OBSERVACIONES
Cojinetes de manguito (continuación)			
			<p>fuerza centrífuga, la que a su vez incrementa la fuerza del remolino. Puede hacer que el aceite no pueda sostener mas el eje; o bien, puede desestabilizarse cuando la frecuencia del remolino coincida con la frecuencia natural del rotor. Los cambios en la viscosidad del aceite, la presión del lubricante y cargas externas pueden afectar al remolino de aceite.</p>
Inestabilidad debido al efecto orbital	<p>Remolino de aceite a la velocidad del rotor.</p>  <p>Efecto orbital Desequilibrio de masa</p> <p>Velocidad crítica</p>		<p>Los efectos orbitales se producen cuando la maquina funcionan a una frecuencia critica de rotor equivalente o superior a 2X. Cuando el rotor alcanza el doble de la velocidad critica, el remolino estará muy cerca de la frecuencia critica de rotor y puede causar un exceso de vibración tal que la capa de aceite no pueda sostener el eje. De hecho, la velocidad del remolino quedara fijada a la frecuencia critica de rotor y este pico no la sobrepasara incluso si la maquina alcanza velocidades cada vez mas altas.</p>

Tabla ilustrada de diagnóstico de vibraciones

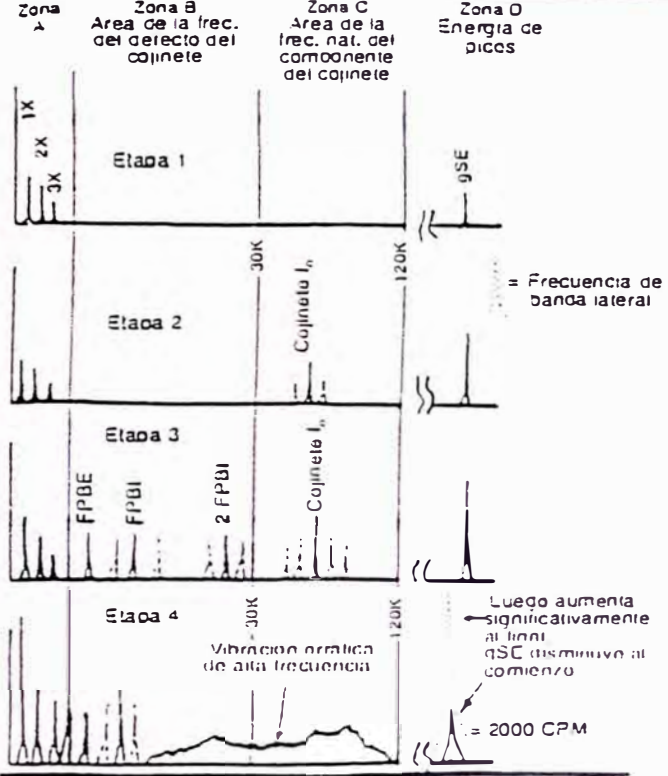
ORIGEN DEL PROBLEMA	ESPECTRO TÍPICO	RELACION DE FASE	OBSERVACIONES
Cojinetes de rodillo (4 fases de falla)			
<p>Zona A</p> <p>Zona B Area de la frec. del defecto del cojinete</p> <p>Zona C Area de la frec. nat. del componente del cojinete</p> <p>Zona D Energía de picos</p> 	<p>Etapa 1</p> <p>Etapa 2</p> <p>Etapa 3</p> <p>Etapa 4</p> <p>30K</p> <p>120K</p> <p>Cojinete f_n</p> <p>Cojinete f_n</p> <p>Cojinete f_n</p> <p>Cojinete f_n</p> <p>30K</p> <p>120K</p> <p>Vibración armónica de alta frecuencia</p> <p>Luego aumenta significativamente al final gSE (disminuye al comienzo)</p> <p>= 2000 CPM</p> <p>= Frecuencia de banda lateral</p>	<p>Etapas de falla de los cojinetes de rodillo:</p> <p>Etapa 1: Las primeras señales que indican problemas en los cojinetes aparecen en las frecuencias ultrasónicas que varían aproximadamente entre 20.000-60.000 Hz (1.200.000 – 3.600.000 CPM). Estas frecuencias evaluadas por energía de picos (gSE), HFD(g) e impulso excitador (dB). Por ejemplo, en la etapa 1, la energía de picos puede aparecer por primera vez alrededor de los 0.25 gSE (el valor real depende del lugar de la medición y la velocidad de la maquina).</p> <p>Etapa 2: Defectos leves en los cojinetes hacen que los componentes comiencen a "sonar" en sus frecuencias naturales (fn), las que se presentan principalmente en el rango de 30K – 120K CPM. Al termino de la etapa 2, las frecuencias de banda lateral aparecen sobre y bajo el pico de la frecuencia natural. La energía de picos aumenta (por ejemplo de 0.25 a 0.5 gSE).</p> <p>Etapa 3: Aparecen las frecuencias y armónicas de defectos de los cojinetes (véase la pagina titulada "Frecuencias de defectos de los cojinetes de rodillo"). A medida que el desgaste aumenta, aparecen mas armónicas de frecuencias de defectos y aumenta la cantidad de bandas laterales, tanto alrededor de estas frecuencias como de las frecuencias naturales de los cojinetes. La energía de picos continua aumentando (por ejemplo de 0.5 a mas de 1 gSE). En este momento, el desgaste es visible y se puede extender por toda la periferia del cojinete, especialmente cuando las bandas laterales bien formadas aparecen junto a las armónicas de frecuencias de defectos de los cojinetes. Se deben reemplazar inmediatamente los cojinetes.</p> <p>Etapa 4: Hacia el final, incluso la amplitud de 1X RPM se ve afectada. La amplitud aumenta y, generalmente, hace que aumenten muchas armónicas de velocidad de funcionamiento. De hecho, los defectos leves del cojinete y las frecuencias naturales de los componentes comienzan a "desaparecer" y son reemplazadas por un nivel minimo de ruido errático de banda ancha de alta</p>	
f_n = Frecuencias naturales de los componentes de los cojinetes			
$FPBI = \frac{N_b}{2} \left(1 + \frac{B_d}{P_d} \cos \theta \right) \cdot RPM$			
$FPBE = \frac{N_b}{2} \left(1 - \frac{B_d}{P_d} \cos \theta \right) \cdot RPM$			
$FGB = \frac{P_d}{2B_d} \left[1 - \left(\frac{B_d}{P_d} \right)^2 \cdot \cos^2 \theta \right] \cdot RPM$			
$FTF = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{B_d}{P_d} \cdot \cos^2 \theta \right) \cdot RPM$			
donde.			
N_b = Número de bolas o rodillos			
B_b = Diámetro de bolas/rodillos			
P_d = Diámetro primitivo del cojinete			
θ = Angulo de contacto en grados			

Tabla ilustrada de diagnóstico de vibraciones

ORIGEN DEL PROBLEMA	ESPECTRO TÍPICO	RELACIÓN DE FASE	OBSERVACIONES
Cojinetes de rodillo (continuación)			frecuencia. Además, incluso podrían disminuir tanto las amplitudes del nivel mínimo de ruido de alta frecuencia como de la energía de picos; pero, por lo general, justo antes de producirse la falla, la energía de picos aumentará hasta alcanzar amplitudes excesivas.

Tabla ilustrada de diagnóstico de vibraciones

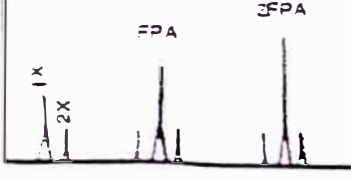
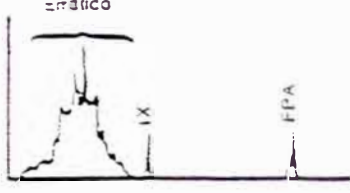

ORIGEN DEL PROBLEMA	ESPECTRO TÍPICO	RELACION DE FASE	OBSERVACIONES
<p>Fuerzas hidráulicas y aerodinámicas</p> <p>Pasada de aspas y pasada de paletas</p>	 <p>El espectro muestra picos de 1X, 2X, FPA y 3FPA.</p>		<p>La frecuencia de paso de aspas (FPA) = cantidad de aspas (o paletas) X RPM. Esta frecuencia es característica propia de las bombas, ventiladores y compresores y normalmente no presenta problemas. Sin embargo, se puede generar FPA de gran amplitud (y armónicas) en las bombas si la separación entre las paletas rotatorias y los dispersores fijos no se mantienen igual en todo el recorrido. Además, a veces la FPA (o armónicas) puede coincidir con la frecuencia natural del sistema y causar vibración alta. Se puede producir una FPA alta si el anillo se atasca en el eje debido al desgaste del rotor o si fallan las uniones soldadas que sujetan los difusores. Además, se puede producir una FPA alta debido a dobleces abruptos en las cañerías (o ductos), obstrucciones que interfieren el flujo o si una bomba o los rotores de un ventilador están posicionados de manera excéntrica dentro de la envoltura.</p>
<p>Turbulencia de flujo</p>	 <p>El espectro muestra un ancho espectro errático y picos de 1X y FPA.</p>		<p>A menudo, en los ventiladores se produce turbulencia de flujo debido a las variaciones en la presión o debido a la velocidad del aire que pasa a través del ventilador o por los ductos conectados. Esta interrupción del flujo producirá turbulencias que generarán vibraciones erráticas de baja frecuencia, generalmente en el rango de 50 a 2000 CPM.</p>
<p>Cavitación</p>	 <p>El espectro muestra un ancho espectro errático de alta frecuencia, picos de 1X y FPA, y una marca de 120K CPM.</p>		<p>La cavitación generalmente produce energía de banda ancha de alta frecuencia errática, que a veces se superpone a las armónicas de frecuencia de pasadas de aspas. Normalmente indican una presión de succión insuficiente (subalimentación). La cavitación puede destruir los componentes internos de las bombas si no se corrige. Concretamente, puede corroer las paletas del rotor. Cuando se produce suena como si pasara "ripió" a través de la bomba.</p>

Tabla ilustrada de diagnóstico de vibraciones

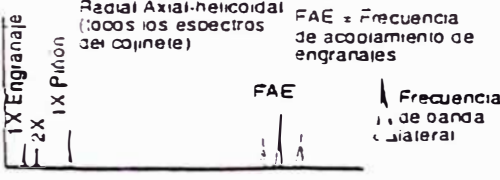


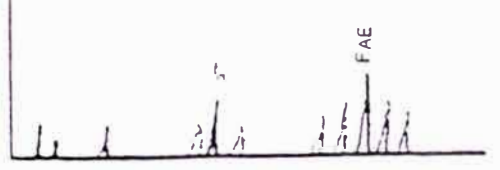
ORIGEN DEL PROBLEMA	ESPECTRO TÍPICO	RELACIÓN DE FASE	OBSERVACIONES
<p>Engranajes</p> <p>Normal</p>			<p>En el espectro normal aparece 1X y 2X RPM, junto con la frecuencia de acoplamiento de engranajes (FAE). Generalmente, alrededor de la FAE habrá bandas laterales de velocidad de funcionamiento. Todos los picos son de baja amplitud y no se producirán frecuencias naturales de los engranajes.</p>
<p>Desgaste de dientes</p>			<p>El indicador clave del desgaste de los dientes es la producción de frecuencias naturales del engranaje, rodeada por bandas laterales separadas según la velocidad de funcionamiento del cojinete defectuoso. La amplitud de la frecuencia de acoplamiento de engranajes (FAE) puede o no puede cambiar; sin embargo, las bandas laterales de amplitud alta que rodean la FAE generalmente ocurren cuando el desgaste es notorio. Las bandas laterales pueden ser un mejor indicador del desgaste que las frecuencias FAE.</p>
<p>Carga de los dientes</p>			<p>A menudo, las frecuencias de acoplamientos de engranajes son muy sensibles a la carga. Las amplitudes FAE altas no siempre indican un problema, especialmente si las frecuencias de banda lateral permanecen bajas y no aparecen las frecuencias naturales del engranaje. Cada análisis se debe realizar con el sistema funcionando a plena carga.</p>
<p>Excentricidad y juego del engranaje</p>			<p>Las bandas laterales de amplitud relativamente alta que rodean la FAE a menudo indican excentricidad, juego o ejes no paralelos del engranaje, todo lo cual permite que la rotación de un engranaje "module" la velocidad de funcionamiento del otro. El engranaje defectuoso se identifica por la separación que existe entre las frecuencias laterales. El juego incorrecto normalmente provoca FAE y frecuencias naturales de engranaje; ambas aparecerán como bandas laterales a 1X RPM. Si el problema es el juego del engranaje, las amplitudes FAE a menudo disminuirán al aumentar la carga.</p>

Tabla ilustrada de diagnóstico de vibraciones

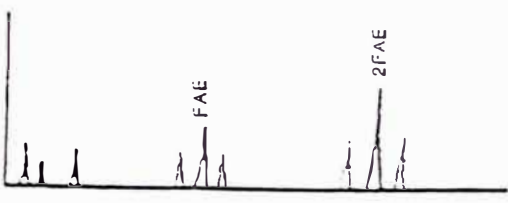
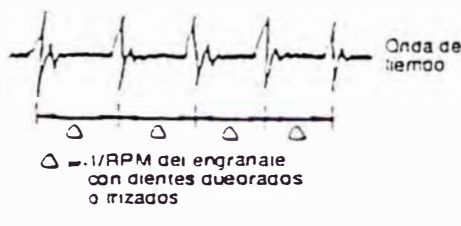
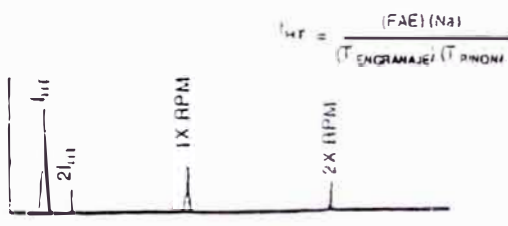
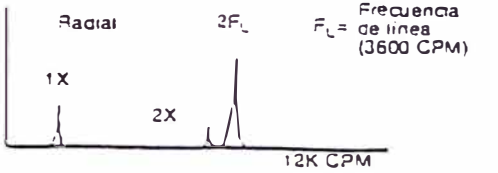
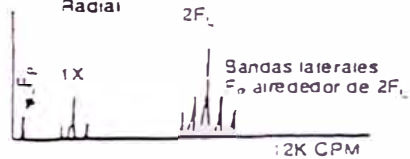
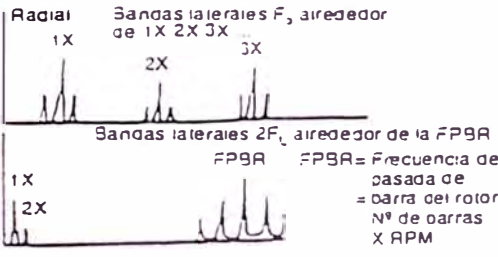
ORIGEN DEL PROBLEMA	ESPECTRO TÍPICO	RELACION DE FASE	OBSERVACIONES
Engranajes (continuación)			
Desalineación del engranaje			<p>La desalineación de los engranajes casi siempre provoca armónicas secundarias (o terciarias, etc.) de FAE que aparecerán como bandas laterales a la velocidad de funcionamiento. A menudo, presentara solo una amplitud baja a 1X FAE, pero niveles mucho más altos a 2X o 3X FAE. Si la capacidad del sistema transductor lo permite, es importante fijar la FMAX lo suficientemente alta como para registrar al menos 2 armónicas FAE.</p>
Dientes quebrados o trizados	 <p>Δ = 1/RPM del engranaje con dientes quebrados o trizados</p>		<p>Un diente quebrado o trizado generara una amplitud alta a 1X RPM de este engranaje, además producirá frecuencias naturales del engranaje (fn) que aparecerán como bandas laterales a su velocidad de funcionamiento. Se detecta mejor como onda de tiempo, en la que aparecerá un pico pronunciado cada vez que el diente con problemas trate de acoplarse con su engranaje opuesto. El tiempo entre impactos (Δ) corresponderá a 1/velocidad del engranaje con problemas.</p>
Búsqueda de problemas de los dientes	 $f_{HT} = \frac{(FAE)(N_d)}{(T_{ENGRANAJE})(T_{PIÑON})}$		<p>La búsqueda de la frecuencia de los dientes (fHT) es especialmente efectiva para detectar fallas tanto del engranaje como del piñón, que podrían haber ocurrido durante el proceso de fabricación o debido a una manipulación descuidada. Puede producir una vibración bastante alta, pero como ocurre en frecuencia bajas, predominantemente inferiores a 600 CPM, a menudo pasa inadvertida. Normalmente, el conjunto de engranajes que presenta este problema recurrente, emite un "gruñido" desde el impulsor. El efecto máximo ocurre cuando el piñón defectuosos y el diente del engranaje se acoplan entre si al mismo tiempo (en algunos impulsores, esto podría suceder solo 1 vez cada 10 o 20 revoluciones, según la formula fHT). Fíjese que el engranaje T y el piñón T se refieren a la cantidad de dientes del engranaje y al piñón, respectivamente. Na = Número de fases de montaje únicas para una combinación de dientes dada, equivalente al producto de factores primarios comunes al numero de dientes de cada engranaje.</p>

Tabla ilustrada de diagnóstico de vibraciones

ORIGEN DEL PROBLEMA	ESPECTRO TÍPICO	RELACIÓN DE FASE	OBSERVACIONES
Problemas eléctricos			
<p>Excentricidad del estator, laminaciones en cortocircuito y componentes sueltos</p>	 <p>Radial</p> <p>1X</p> <p>2X</p> <p>2FL</p> <p>12K CPM</p> <p>$F_L = \text{Frecuencia de línea (3600 CPM)}$</p>		<p>Los problemas de estatores generan una vibración alta a 2X la frecuencia de línea (2FL). La excentricidad del estator produce un intervalo de aire estacionario desigual entre rotor y el estator que provoca una vibración bastante direccional. El intervalo de aire diferencial no debería exceder el 5% en motores asíncronos y el 10% en motores sincrónicos. Un estator excéntrico puede ser causado por un pie de apoyo suelto y bases combadas. Las laminaciones del estator en cortocircuito pueden causar recalentamiento localizado y desigual que puede curvar el eje de un motor. Produce vibración inducida por calor que puede aumentar significativamente al aumentar el tiempo de funcionamiento.</p>
<p>Rotor excéntrico (intervalo de aire variable)</p>	 <p>Radial</p> <p>1X</p> <p>2FL</p> <p>Bandas laterales F_S, alrededor de $2F_L$</p> <p>12K CPM</p> <p>$F_L = \text{Frecuencia de línea eléctrica}$</p> <p>$F_S = \text{Frec. de deslizamiento} = \left(\frac{2F_L}{P} \right) - \text{RPM}$</p> <p>$F_p = \text{Frec. de pasada de polos} = F_S \cdot P$</p> <p>$P = \text{Número de polos}$</p>		<p>Los rotores excéntricos producen un intervalo de aire rotatorio variable entre el rotor y el estator produciendo una vibración intermitente (normalmente entre 2fl y la armónica de velocidad de funcionamiento mas cercana). A menudo, se requiere de un espectro "de acercamiento" para diferenciar 2fl y la armónica de velocidad de funcionamiento. Los rotores excéntricos generan 2 fl rodeado por bandas laterales de la frecuencia de pasada de polos (fp), así como también, bandas laterales F_p alrededor de la velocidad de funcionamiento. La F_p aparece a frecuencia baja. (Frecuencia de pasada de polos = frecuencia de deslizamiento X N° de polos). Los valores comunes de F_p varían aproximadamente entre 20 a 120 CPM (0.30 – 2.0 Hz)</p>
<p>Problemas de rotores</p>	 <p>Radial</p> <p>1X</p> <p>2X</p> <p>3X</p> <p>Bandas laterales F_S, alrededor de 1X 2X 3X</p> <p>Bandas laterales $2F_L$, alrededor de la $FPBR$</p> <p>1X</p> <p>2X</p> <p>$FPBR = \text{Frecuencia de pasada de barra del rotor N° de barras X RPM}$</p>		<p>Las barras del rotor quebradas o trizadas o segmentos de cortocircuito, uniones en mal estado entre las barras del rotor y segmentos de cortocircuito, o laminaciones del rotor en cortocircuito producirán vibraciones altas de 1X la velocidad de funcionamiento con bandas laterales de frecuencias de pasada de polos (fp). Además, las barras de rotor trizadas generan a menudo bandas laterales F_p alrededor de la tercera, cuarta y quinta armónica de velocidad de funcionamiento. Se pueden identificar las barras de rotor sueltas mediante las bandas laterales (2fl) a 2X la frecuencia de línea que rodean la frecuencia de pasada de barra del rotor ($FPBR$) y/o sus armónicas ($FPBR = \text{numero de barras X RPM}$). A menudo, provocara niveles altos</p>

DEFINICION DE ESTADOS DE LOS EQUIPOS

NIVELES DE VIBRACION (Velocidad RMS (mm / seg.))

45	INADMISIBLE	INADMISIBLE	INADMISIBLE	INADMISIBLE	
28			TOLERABLE	TOLERABLE	TOLERABLE
18				NORMAL	NORMAL
11.2	TOLERABLE	NORMAL	NORMAL	BUENO	
7,1					BUENO
4,5	TOLERABLE	NORMAL	NORMAL	BUENO	
2,8					BUENO
1,8	NORMAL	BUENO	BUENO	BUENO	
1,12					BUENO
0,71	BUENO	Máquinas medianas de 15 - 75 KW o sobre los 300 KWW con Cimentación Especial.	Máquinas grandes con cimentación rigida y con frecuencia natural, maquinas veloces	Máquinas grandes con alta velocidad de operación, cimentación con frecuencia natural (turbomáquinas).	
0,45					BUENO
0,28	Máquinas pequeñas, hasta los 15 KW	Máquinas medianas de 15 - 75 KW o sobre los 300 KWW con Cimentación Especial.	Máquinas grandes con cimentación rigida y con frecuencia natural, maquinas veloces	Máquinas grandes con alta velocidad de operación, cimentación con frecuencia natural (turbomáquinas).	
0,18					BUENO

TABLA DE CRITERIOS DE VIBRACION ISO 2372

GUIA GENERAL ENVOLVENTE DE ACELERACION

NIVEL DE SEVERIDAD
(g E)

SEVERIDAD DE VIBRACION		DIAMETRO EJE / VELOCIDAD		
Frecuencia Maxima				
36.000 RPM 600 HZ	50.000 RPM 1000 Hz	Diám. Entre 200 y 600 mm y velocid. <600 RPM	Diám. Entre 60 y 300 mm, y velocid. entre 600 y 1800 RPM	Diám. Entre 20 y 150 mm, y velocid. entre 1800 y 3600 RPM
0,075	0.1	BUENO	BUENO	BUENO
0.36	0.6	SATISFACTORIO		
0.55	0,75			
0.75	1	NO SATISFACTORIO (ALERTA)	SATISFACTORIO	SATISFACTORIO
1.5	2	INACEPTABLE (PRESENCIA DE DAÑO)	NO SATISFACTORIO (ALERTA)	
3.5	4		INACEPTABLE (PRESENCIA DE DAÑO)	NO SATISFACTORIO (ALERTA)
7.5	10			INACEPTABLE (PRESENCIA DE DAÑO)

La Figura de esta cartilla soio es una guia de orientacion general

VALORES OBTENIDOS SEGUN :

Sensor = CM85793 o CM85797 o probador MCD

Instrumentación = CMVA59 (filtro Nº 3) o CMV. A320(filtro Nº 3) o Probador MCD

Detección = Pico - Pico

APÉNDICE B

- B.1 INFORMACIÓN TÉCNICA DE POZOS – C.S. COMAS**
- B.2 INFORMACIÓN TÉCNICA DE POZOS – C.S. CALLAO**
- B.3 INFORMACIÓN TÉCNICA DE CÁMARAS DE REBOMBEO – C.S.
COMAS**
- B.4 INFORMACIÓN TÉCNICA DE CÁMARAS DE REBOMBEO – C.S.
CALLAO**
- B.5 INDICADORES PRINCIPALES DE MEDICIÓN TPM**

B.1 INFORMACIÓN TÉCNICA DE POZOS
Centro de Servicios Comas

Pozo	Nombre	Distrito	N/C	Est.	BOMBA				MOTOR ELECTRICO				
					Lg-Brm	Tipo	Marca	Modelo	Marca	Modelo	No serie	HP	RPM
64	Bosque 2	Rimac	4	U/C	84	BTV	BJ-8	12GM-5	US		7222BAMC	125	1775
70	Caqueta	San Martín de Porres	4	U/C	97	BTV	BJ-8	12GM-6	US		1445PH	150	1800
94	San Martín 1	San Martín de Porres	4	U/C	79	BTV	BJ-8	12GL-5	IEM	764678	4908002	60	1780
95	San Martín 2	San Martín de Porres	4	U/C	100	BTV	BJ-8	10H60-10	US		84-16217-449	125	1770
99	Condevilla	San Martín de Porres	4	U/C	101	BTV	DPUM-5	8KKL-16	Delcrosa	R225054	161460M1	40	1760
127	Comas	Comas	4	U/C	103	BTV	JHON-6	10AC-13	IEM	144991	9903001	60	1772
141	Canta	San Martín de Porres	4	U/C	91	BTV	BJ-6	10CGL-9	Delcrosa	R2250S4	140232M1	50	1760
142	Amalia Puga	San Martín de Porres	4	U/C	84	BS	DPUM-6	8H38-4	Peerles			75	-----
144	San Agustín	Comas	4	U/C	59	BS	PLEU-4	NB85-3	Hitachi			30	1750
145	Sta Isabel	Carabaylo	4	U/C	64	BTV	PLEU-6	10L30-1	Delcrosa	R225CS4	161246M2	50	1760
160	San Felipe 1	Comas	4	U/C	32	BTV	BJ-5	8GH-7	Delcrosa			30	1750
161	San Felipe 2	Comas	4	U/C	51	BTV	BJ-8	12GL-4	Delcrosa	R225DS4	161500M2	40	1760
162	Palao	San Martín de Porres	4	U/C	97	BTV	PEER-6	10MA-8	Delcrosa			75	1775
190	Ermitano	Los Olivos	4	U/C	94	BTV	BJ-6	10CGL-10	IEM			60	1780
214	Retablo 3	Comas	4	U/C	91	BTV	BJ-6	12GH-8	US	6211-J	50U02T31903	60	1775
215	Retablo 4	Comas	4	U/C	75	BS	LAY-4	6RKHC-5	Hitachi			20	-----
217	Pro 1	Los Olivos	4	U/C	63	BS	DEMIN-6	M6HA-3	FKL			25	-----
225	San German	San Martín de Porres	4	U/C	84	BTV	DPUM-6	8M23-5	Peerles			75	1775
226	Pascana	Comas	4	U/C	87	BS	GOUL-4	6CLC-5	FKL			15	-----
238	Leoncio Prado	Rimac	4	U/C	114	BS	HID-5	6MQH-8	Hitachi			52	-----
266	Tungasuca	Carabaylo	4	U/C	48	BTV	BJ-5	8GM-9	Delcrosa	R225DS4	161462M1	40	1760
267	Tungasuca 3	Carabaylo	4	U/C	44	BTV	BJ-6	10GL-4	Delcrosa	R160L4	130042M	20	1745
280	Pro 3	Los Olivos	4	U/C	100	BTV	BJ-6	8MQL-17	Delcrosa	R225C32	140233M2	60	1760
293	Sta Petronila	Los Olivos	4	U/C	88	BS	HID-5	6MQH-6	Hitachi			40	1760
296	P. Piedra 1	Puente Piedra	4	U/C	28	BTV	PEER-6	8MA-8	Delcrosa		140237-L1	20	1745
297	P. Piedra 2	Puente Piedra	2	F	55	BTV	HID-8	8HQH-7	Delcrosa			40	1760
298	P. Piedra 3	Puente Piedra	2	F	63	BTV	BJ-8	12GH-5	US			125	1775
299	P. Piedra 4	Puente Piedra	4	U/C	40	BTV	PEER-8	12MB-6	US		C1000879	125	1770
300	Molitalla 2	Comas	4	U/C	91	BTV	HID-5	8MQL-13	Delcrosa	R250DS4	140228M2	40	1760
303	San Carlos	Comas	4	U/C	54	BTV	HID-6	8MQH-7	Delcrosa	R225CS4	140259M1	50	1760
312	Pro6 9no Sec	Comas	4	U/C	84	BTV	LAY-10	8URC-3	Delcrosa	R225CS4	122868M	50	1760
316	Pro Lima	Los Olivos	4	U/C	83	BS	KUB-4	B5M-4	Hitachi			30	-----
332	Sta Luzmila 3	Comas	4	U/C	110	BTV	BJ-6	8GH-13	Delcrosa	R225DS4	161500M1	40	1760
333	Sta Luzmila 4	Comas	4	U/C	94	BS	HID-6	8MQH-3	Hitachi			100	-----
336	Sangarara 1	Comas	4	U/C	63	BTV	PEER-5	8MA-12	Delcrosa	R225DS4	160822M2	40	1760
337	Sangarara 2	Comas	4	U/C	68	BTV	PEER-6	10MA-10	Delcrosa	R225CS4		60	1750
340	Carabaylo 1	Carabaylo	4	U/C	67	BTV	PEER-5	8MA-14	Delcrosa	R225DS4		40	1760
341	Carabaylo 2	Carabaylo	4	U/C	55	BTV	BJ-6	8MQH-10	Delcrosa	R225-L4	161289M3	75	1760
342	Carabaylo 3	Carabaylo	4	U/C	63	BS	GRUND-6	300S-4	Peerles			20	-----
344	Collique 1	Comas	4	U/C	61	BTV	BJ-6	8GM-14	G.E.	K6258XH1	CDJ320515	75	1775
348	Santa Luisa	Comas	4	U/C	88	BTV	HID-5	7MQH-15	Delcrosa	R180L4	140238M1	30	1750
351	Puerta Pro	Los Olivos	4	U/C	90	BS	HID-5	7MQL-5	Delcrosa	NVR180L4	132392M1	30	1750
376	Garagay	San Martín de Porres	4	U/C	86	BTV	JHON-6	10CC-11	US	HG62	C01-H622-M84	125	1775
378	Año Nuevo	Comas	4	U/C	64	BTV	BJ-6	10GL-9	Delcrosa	R225DS4	140245M1	40	1760
382	Vipol 1	San Martín de Porres	4	U/C	69	BTV	PEER-8	12MA-5	G.E.			150	1790
384	Vipol 3	San Martín de Porres	4	U/C	60	BTV	HID-6	8MQH-3	Delcrosa	NVR180L4		30	1750
385	Año Nuevo 2	Comas	4	U/C	51	BTV	BJ-5	8GM-9	Delcrosa	R180L4	134781M1	30	1750
386	Libertadores	San Martín de Porres	4	U/C	83	BTV	BJ-6	12CGL-6	US		7220BEAP	75	1760
392	Lucyana 2	Carabaylo	4	U/C	63	BTV	DPUM-5	8M23-3	IEM	754811	6907004	60	1780
401	Sta Luisa	Comas	4	U/C	78	BS	HID-4	6MQH-6	Hitachi			40	-----
413	El Alamo	Comas	4	U/C	105	BS	PLEU-4	NB85-4	Peerles			50	-----
417	Tungasuca 4	Carabaylo	4	U/C	65	BTV	DPUM-8	12M75-3	Delcrosa	R225CS4	132405M1	60	1750
421	Carabaylo	Carabaylo	2	F	83	BTV	BJ-6	10GL-11	US	RU	9102545-150	100	1775
423	Sta Luisa 4	Los Olivos	4	U/C	104	BTV	HID-6	8MQH-11	Delcrosa	R225M54	140241M2	40	1760
430	Primavera 2	Comas	4	U/C	67	BTV	BJ-6	8GH-10	US			75	1775
431	Collique 4	Comas	4	U/C	23	BTV	BJ-8	12GL-10	US			100	1800
432	Collique 5	Carabaylo	4	U/C	73	BTV	PEER-6	10MA-8	Delcrosa	R225CL4	126089M2	75	1765
437	Retablo 5	Comas	4	U/C	93	BS	GOUL-4	6CHC-4	FKL			30	-----
446	Zapallal 1	Puente Piedra	1	F	73	BTV	PEER-8	12MB-7	Delcrosa		161289M-1	75	1760
447	Zapallal 2	Puente Piedra	1	F	54	BTV	BJ-8	12GM-4	US			150	1800
449	Carabaylo 4	Carabaylo	4	U/C	94	BTV	BJ-6	10CGM-8	Delcrosa	R225C54	140247M3	50	1760
473	Ladrs Chillón	Puente Piedra	1	F	38	BTV	BJ-6	10GH-11	Delcrosa		140248M1	75	1760
474	Pro 12	Los Olivos	4	U/C	97	BS	HID-4	6MQL-6	Hitachi			25	-----
485	Pro-18	Comas	4	U/C	74	BTV	BJ-6	8GL-13	Delcrosa	NVR180L4		30	1750
487	El Pinar-Teo	Comas	4	U/C	57	BS	HID-5	6HQH-4	Hitachi			25	-----
488	Lucyana 4	Carabaylo	4	U/C	64	BTV	BJ-6	10CGL-6	Delcrosa	R225DS4	140231M1	40	1760
489	Los Naranjos	Los Olivos	4	U/C	79	BTV	BJ-6	10GL-10	Delcrosa		135483M2	60	1760
498	Pro 11	Los Olivos	4	U/C	104	BTV	PEER-5	8MA-14	US			40	1765
616	Pinar 2	Comas	4	U/C	53	BTV	GRUN-4	300S-4	IEM	VFHAPG	0005003	30	1770
618	Wiesse	Los Olivos	4	U/C	88	BTV	BJ-5	10GL-9	Delcrosa	R225C54		50	1760
619	Pinar 1	Comas	4	U/C	52	BS	DEMIN-4	MGEA-4	FKL			25	-----
620	Pinar 4 - Gal	Comas	4	U/C	65	BS	PLEU-5	S/PLAC-4	Peerles			60	-----
620	Pinar 4 - Gal	Comas	4	U/C	70	BTV	HID-8	12GM-8	Delcrosa		135123M1	125	1765
653	Zapallal C-6	Puente Piedra	1	F	70	BTV	HID-8	12GM-8	Delcrosa			40	-----
655	Sto Domingo 1	Carabaylo	4	U/C	72	BS	MYR-6	86C4-3	Hitachi			50	1760
657	Vipol Naranjal	San Martín de Porres	4	U/C	85	BTV	PEER-6	8MA-15	US			50	1760
661	Sto Domingo 2	Carabaylo	4	U/C	72	BS	MYR-6	86C5-5	Hitachi			50	-----
666	San Martín 5	San Martín de Porres	4	U/C	100	BTV	BJ-8	10GH-8	DELCPROS	R280S4		100	1765

Pozo	Nombre	Distrito	N/C	Est.	BOMBA				MOTOR ELECTRICO				
					Lg-Bm	Tipo	Marca	Modelo	Marca	Modelo	No serie	HP	RPM
667	Rosa Luz 2	Puente Piedra	1	F	57	BS	PLEU-6	PN101-3	Peerles			90	-----
670	El Rosano	San Martin de Porres	4	U/C	90	BTV	PEER-8	12MB-6	US			100	1800
679	Chicmabamba P-4	San Martin de Porres	1	F		BTV	BJ-6		IEM	7S4829	6909002	75	1775
680	La Florida P-9	San Martin de Porres	1	F		BTV	BJ-8		IEM	7S4829	6909003	75	1775
681	Coopip P-11	San Martin de Porres	1	F		BTV	BJ-6		IEM	7S4830	6908001	50	1772
684	Aposte	Los Olivos	4	U/C	81	BTV	HID-7	6MQH-7	IEM	7S4830		50	1772
686	San Fco de Cayran	San Martin de Porres	4	U/C	66	BTV	BJ-6	10GM-7	US			40	1765
687	Virgen Fatima P-10	San Martin de Porres	4	U/C	69	BTV	BJ-8	10GM-8	IEM	365TP	5912003	75	1775
688	Aznapuquio P-5	Los Olivos	4	U/C		BTV	BJ-6		IEM			50	1780
689	Aznapuquio P-12	San Martin de Porres	4	U/C		BS			Hitachi			40	1760
690	Aznapuquio P-13	San Martin de Porres	4	U/C	72	BS	PLEU-4	S/PLAC-5	Hitachi			30	1750
691	Milla Ochoa 2	Los Olivos	4	U/C	90	BTV	BJ-6		IEM			30	1750
692	Milla Ochoa 3	Los Olivos	4	U/C	84	BS	HID-5	7MQL-6	Hitachi			60	-----
693	Milla Ochoa 10	Los Olivos	4	U/C	96	BTV	BJ-6	10GL-9	IEM			40	1760
695	A.H San Martin 5	Los Olivos	4	U/C	94	BTV	PEER-6	8MA-17	IEM	754885		75	1775
704	Rio Santa	Los Olivos	4	U/C	81	BTV	JOHN-8		Siemens		E97TESP-3	30	1755
705	Chillon	Los Olivos	4	U/C	84	BS	HID-5	7MQL-4	Hitachi			40	-----
710	Fdo Copacabana 1	Puente Piedra	1	F	51	BTV	BJ-6	10CGM-8	IEM	75466	0277	60	1780
711	Fdo Copacabana 2	Puente Piedra	2	F	51	BTV	BJ-8	12CGM-6	IEM		6901003	100	1776
712	Fdo Copacabana 3	Puente Piedra	1	F		BTV	BJ-8		IEM		6905001	125	1783
716	Santa Elisa	Los Olivos	4	U/C		BTV			IEM	754811		60	1780
717	Estrella	Los Olivos	4	U/C	75	BTV	BJ-5	8GM-9	Delcrosa	R225DS4		40	1760
719	Los Olivos Pro-P1	Los Olivos	4	U/C	94	BS	HID-4	5.5CGH-9	Hitachi			40	-----
720	Los Olivos Pro-P2	Los Olivos	4	U/C	76	BTV	BJ-6	10GH-9	IEM	754885		75	1775
721	Alborada-PT1	Comas	4	U/C	58	BTV	PEER-6	8MA-10	IEM			40	1760
722	Alborada-PT3	Comas	4	U/C	55	BS	NASJHO	NJ-7CC-4	A			35	-----
723	Alborada-PT4	Comas	4	U/C	54	BTV	BJ-6	10GM-9	Delcrosa	R225CS4		60	1750
724	Alborada-PT5	Comas	4	U/C	61	BS	ATURIA-5	XMBE5D-8	Aturia			50	-----
725	Alborada-PT2	Comas	4	U/C	46	BS	ATURIA	BPN188-4	Aturia			25	-----
727	Asnapuquio C1	San Martin de Porres	4	U/C		BTV			Delcrosa	R225CM4	122033M	60	1760
728	Asnapuquio C2	San Martin de Porres	4	U/C		BTV	DPUM-6		IEM	754811		60	1780
729	Asnapuquio C4	San Martin de Porres	4	U/C		BTV			IEM	754811		60	1780
730	Asnapuquio P9	San Martin de Porres	4	U/C	66	BTV	BJ-8	12GL-6	IEM			100	1776
731	Sta.Rosa Naranjal P3	Los Olivos	4	U/C		BTV	BJ-6		IEM		790600	60	1760
743	Hda San Lorenzo C-5	Puente Piedra	1	F		BTV	BJ-6		US		696444	40	1765
744	Hda San Lorenzo C-10	Puente Piedra	1	F		BTV	BJ-6		US		324TRH	40	1765
746	Collique 6	Comas	4	U/C		BS			Peerles			50	-----
748	San Martin 6	San Martin de Porres	4	U/C	88	BTV	BJ-6	12 GM	US		7222BAMC	125	1775
790	Shangrila 2	Puente Piedra	1	F	53	BTV	BJ-8	12GM-4	USA	H621	811-H621-HB1	100	1775
791	Prolima	Los Olivos	4	U/C	84	BTV	PEER-6	10MA-8	Delcrosa	R225DS4	140255M1	40	1760
792	Habitamesa P-3	Carabaylo	4	U/C	78	BS	HID-5	6MQH-7	Hitachi			50	-----
793	Habitamesa P-5	Carabaylo	4	U/C	78	BS	HID-5	6MQH-6	Hitachi			50	-----

Legenda

- N/C Nivel de Cracidad
- F Operativo
- U/C Paralizado por uso conjunto
- TV Bomba turina vertical
- SU Electrobomba sumergible

B.2 INFORMACIÓN TÉCNICA DE POZOS
Centro de Servicios Callao

Pozo	Nombre	Distrito	N/C	Est.	BOMBA				MOTOR ELECTRICO				
					Lg-Bm	Tipo	Marca	Modelo	Marca	Modelo	No serie	HP	RPM
503	Nor Oeste	Callao	4	U/C	66	BTV	HIDRO-8	12HQR-3	Delcrosa	R280S4	161501M2	100	1765
508	Miranaves	Callao	4	U/C	51	BTV	PEER-8	12MB-4	Newman	DD4322PB	X449703	150	1780
511	Viru	Bellavista	4	U/C	85	BTV	BJ-6	10GH-8	Delcrosa	R280S4		100	1765
518	Baquijano	Callao	1	F	66	BTV	BJ-6	10GH-8	IEM	754885		75	1775
529	Bocanegra 1	Callao	4	U/C	49	BTV	BJ-8	12GH-5	Delcrosa		131668M	100	1765
530	Bocanegra 2	Callao	1	F	64	BTV	BJ-8	12GH-5	GE	5K6277XC23A	TWJ622154	125	1770
531	Bocanegra 3	Callao	1	F	63	BTV	DPUM-5	8M23	Delcrosa	R225CS4	134673M1	50	1760
532	Pescador 1	Bellavista	4	U/C	73	BS	DPUM-6	PN101-4	Peerlies			100	-----
533	Pescador 2	Bellavista	1	F	61	BTV	BJ-8	12GH-4	US			125	1770
537	Dulanto	Callao	4	U/C	88	BTV	BJ-8	12CGM-6	Delcrosa	R280S4	140252M2	100	1765
541	Olivar	Callao	4	U/C	79	BTV	BJ-8	12GH-4	GE			125	1775
547	10 De Junio	Callao	4	U/C	67	BTV	BJ-6	10GL-9	Delcrosa	R225CS4		60	1750
549	22 Hectareas	Carmen de la Legua	1	F	76	BS	HID-8	10MQL-4	Hitachi			125	-----
550	Aeropuerto	Callao	4	U/C	91	BTV	HID-6	8MQH-15	Delcrosa	R225CS4		60	1750
553	Condor	Callao	4	U/C	78	BTV	BJ-8	12CGM-5	Delcrosa	R280S4	140264M2	100	1765
555	Pte Piedra N° 1	Carabaylo	1	F		BS	PLEU-8		Peerlies			50	-----
556	Pte Piedra N° 2	Carabaylo	2	F	41	BTV	HID-5	8MQH-4	IEM	VFHAPG	0005005	30	1770
557	Pte Piedra N° 3	Carabaylo	2	F	46	BTV	HID-6	8MQH-4	Delcrosa	R160L4	140227M1	20	1745
558	Pte Piedra N° 4	Carabaylo	1	F	35	BTV	BJ-6	10GH-4	Delcrosa	R225CM4	140263M1	60	1760
559	Pte Piedra N° 5	Carabaylo	1	F	38	BTV	PEER-6	10MA-3	Delcrosa			30	1750
560	Pte Piedra N° 6	Carabaylo	1	F		BTV	BJ-8		Delcrosa	R225CS4	122782M	50	1760
561	Pte Piedra N° 10	Carabaylo	1	F	69	BTV	BJ-8	10GH-5	Delcrosa	R225CS4	119769M	50	1760
562	Sta. Rosa 1	Callao	1	F	79	BS	HID-6	8MQL-4	SAE			180	-----
563	Sta. Rosa 2	Callao	1	F	58	BTV	BJ-8	12GM-7	Delcrosa	R280M4	161291M1	125	1765
565	Sesquicentenario	Callao	1	F	70	BTV	BJ-8	12GM-7	US	365TPWPI		75	1760
566	14.6 Hectareas	Callao	1	F	78	BS	DPUM-5	8M23-3	Peerlies			50	-----
567	Jorge Chavez	Callao	1	F	64	BTV	BJ-8	12GH-5	US		1391577	125	1760
568	Sta. Cruz	Callao	4	U/C	55	BTV	BJ-8	10GH-8	US		A4050UPH	75	1800
569	Chuquitanta	San Martin de Porres	1	F	38	BTV	BJ-6	10GH-6	Delcrosa	R225CS4		50	1760
570	Sta. Rosa 4	Callao	1	F	89	BTV	HID-8	8MQH-14	US	3CSTPWPI	622302	75	1760
572	German Astete 2	La Perla	4	U/C	76	BTV	JHON-8	10CGM-8	IEM	754885		75	1775
573	San Jose	Bellavista	4	U/C	97	BTV	DPUM-8	12JKH-5	US			125	1770
574	Reynoso 2	Carmen de la Legua	1	F	89	BS	HID-6	8MQH-3	Hitachi			60	-----
575	Previ(Nuevo)	Callao	1	F	84	BS	HID-8	8MQH-3	Hitachi			100	-----
576	Malecon Figueredo	La Punta	4	U/C		BS	HID-8		Hitachi			75	-----
577	Gambeta	Callao	4	U/C	73	BTV	BJ-8	8GL-12	Delcrosa	R225L4		75	1760
578	Colonial 2	Callao	4	U/C	87	BTV	BJ-8	10CGL-9	US	365TPWPI		75	1760
579	Bella Union 2	Callao	4	U/C		BTV	BJ-8		US			100	1800
580	Bocanegra P-8	Callao	1	F	84	BS	BJ-6	8MQH-4	Hitachi			125	-----
581	Bocanegra P-1	Callao	1	F	81	BTV	BJ-8	12GM-7	IEM	754758	5912002	150	1782
582	Bocanegra P-3	Callao	1	F	93	BTV	BJ-8	12GM-7	IEM	VFHTCCVE	5912003	150	1782
583	P. Internacional-2	Callao	1	F	85	BTV	HID-6	8HQB-17	Delcrosa	R280M4		125	1765
584	Ventanilla P-1	Puente Piedra	1	F	103	BS	HID-6	8MQH-4	Hitachi			40	-----
585	Ventanilla P-2	Puente Piedra	1	F	47	BTV	JHON-8	10GMC-8	Delcrosa	R225L4	135058M1	75	1760
587	Sta Marina Supe	Callao	1	F	75	BTV	PEER-8	10MA-6	IEM	754885		75	1775
588	Sarita Colonia	Callao	1	F	26	BTV	PEER-6	10MA-4	Delcrosa	R225CS4		50	1760
589	Castilla	Callao	4	U/C		BTV	BJ-8		Delcrosa	R225CM4	127437M	60	1760
592	Tarapaca 2	Callao	4	U/C	103	BS	HID-6	8MQH-4	Hitachi			100	-----
594	Santa Marina 2	Callao	4	U/C	65	BTV	DPUM-8	12GL-5	US	365TPWPI		75	1760
595	Ciudad Pescador	Callao	4	U/C	72	BTV	PEER-8	12MB-6	US			150	1800
596	Pte Piedra N° 7	Carabaylo	1	F	32	BTV	BJ-8	12GM-4	IEM	754767	6901008	50	1772
597	Pte Piedra N° 8	Carabaylo	1	F	57	BTV	BJ-6	10GL-7	IEM	VEHTCCVE	5912001	40	1777
598	Pte Piedra N° 9	Carabaylo	1	F	52	BTV			IEM	754768	5912003	40	1777
738	Taboadita 2	Bellavista	1	F	93	BS	HID-6	10MQL--3	Hitachi			80	-----
750	Balneario Sta Rosa 1	Puente Piedra	2	F		BTV	JHON-8		Delcrosa	280S4	151248M1	100	1765
751	Balneario Sta Rosa 2	Puente Piedra	4	U/C	50	BTV	HID-6	10GM-11	US	365TPWPI		75	1760

Legenda

N/C	Nivel de Capacidad
F	Operativo
U/C	Paralizado por uso conjunto
TV	Bomba turbin vertical
SU	Electrobomba sumergible

B.3 INFORMACIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS EN CÁMARAS DE REBOMBEO Centro de Servicios Comas

CR	Nombre	Distrito	Nivel Críticidad	Eq. N°	Est.	BOMBA				MOTOR				
						Marca	Tipo	Modelo	N° Serie	Marca	Mod. / Tipo	N° Serie	HP	RPM
001	Tahuantinsuyo 1	Independencia	1	2	F	Hidrostal	BCH	125-310	8306252	Delcrosa	NV250cM4	110827M2	90	1765
		Independencia	1	1	F	B. J.	BTV	12GH-04	-----	Delcrosa	R280S4	161501M1	100	1765
		Independencia	1	3	F	Hidrostal	BCH	65-200	8307199	Weg	-----	0896A15969	25	3520
002	Tahuantinsuyo 2	Independencia	2	2	F	Hidrostal	BCH	50-160	8308285	Delcrosa	NV160M2	121507M20	24	3490
		Independencia	2	1	F	Hidrostal	BCH	50-160	8308284	Delcrosa	NV160M2	12257M8	24	3490
003	Leticia 2	Rimac	1	1	F	Peerles	BTV	12MB-06	-----	U. S	405TP	NRRG1190343	125	1770
		Rimac	1	2	F	Peerles	BTV	12MB-06	-----	U. S	405TP	NRRG1190344	125	1770
014	El Ermitaño	Independencia	1	1	F	Hidrostal	BCH	65-160	7310594	Delcrosa	NV180M2	108267M1	36	3530
		Independencia	1	2	F	Hidrostal	BCH	65-160	7310590	Delcrosa	NV180M2	121167M2	36	3530
015	Las Americas	Independencia	1	2	F	Jhonston	BTV	-----	-----	U. S	A4454PH	1353428	125	1770
016	Los Quechuas	Independencia	1	1	F	Hidrostal	BCH	40-160	7309338	Delcrosa	NV160M2	124004M7	24	3490
		Independencia	1	2	F	Hidrostal	BCH	40-160	7309345	Delcrosa	NV160M2	S/P	24	3490
018	Cajatambo	Comas	2	1	F	B. J.	BTV	12GL-7	-----	I. E. M.	754764	5902007	100	1776
		Comas	2	2	F	B. J.	BTV	12GL-7	-----	I. E. M.	754827	6908001	100	1776
019	Balaunde	Comas	2	1	F	Hidrostal	BCH	C2106306	70C11302	Delcrosa	160L2	128515M1	30	3520
		Comas	2	2	F	Hidrostal	BCH	C2106306	70C11302-1	Delcrosa	166L3	9712395	25	3520
		Comas	2	3	F	Hidrostal	BCH	65-250-9-E500-AS	2001010030	Weg	280S/M	AY59864	125	3570
021	Tupac Amaru 1	Independencia	4	1	U/C	Hidrostal	BCH	125-315	75061039	Delcrosa	NV250CM2	108268M2	90	3540
022	Tupac Amaru 2	Independencia	1	1	F	Hidrostal	BCH	-----	-----	Delcrosa	NV225CM4	109795	70	1760
		Independencia	1	2	F	Hidrostal	BCH	-----	-----	Delcrosa	NV225CM4	-----	70	1760
038	Mariscal Castilla	Rimac	2	1	F	Hidrostal	BCH	40-200	8309104	Delcrosa	NV160M2	123220M2	24	3490
		Rimac	2	2	F	Hidrostal	BCH	40-200	8305433	Delcrosa	NV160M2	123220M4	24	3490
039	La Libertad 1	Comas	1	1	F	Hidrostal	BCH	65-200	8305446	Weg	280	AY59863	125	3570
		Comas	1	2	F	Peerles	BTV	-----	196066	G. E.	SK6285C31	6285VY	150	1775
040	La Libertad 2	Comas	2	1	F	Hidrostal	BCH	65-250-9-E500-AS	2000101058	Weg	280S/M	AY09594	125	3570
		Comas	2	2	F	Hidrostal	BCH	40-250	8307447	Delcrosa	NV180M2	-----	40	3530
		Comas	2	3	F	Hidrostal	BCH	40-250	8307048	Delcrosa	NV180M2	121167M1	30	3530
047	El Volante	Independencia	2	1	F	MARK	EB	HU3P10	24031238	G. E.	JR31425	251582516	10	3510
		Independencia	2	2	F	MARK	EB	HU3P10	24031237	G. E.	JR31425	251582515	10	3510
048	San Camilo	Independencia	3	1	F	MARK	EB	HU3P10	24031242	G. E.	251582512	H560284	3	3510
		Independencia	3	2	F	MARK	EB	HU3P10	24031241	G. E.	251582512	MS94281	3	3510
049	El Milagro	Independencia	3	1	F	MARK	EB	HU3P10	24031237	Hidrostal	132-5-1197	98011094	11.5	3510
		Independencia	3	2	F	MARK	EB	HU3P10	24031239	Hidrostal	132-5-1197	98040628	11.5	3510
050	El Angel	Independencia	3	1	F	Hidrostal	EB	2B1x1.5	91090473	Weg	F56HO790	97020634	8.6	3400
		Independencia	3	2	F	Hidrostal	EB	2B1x1.5	91090479	Weg	F56HO790	S/P	8.6	3400
051	El Carmen	Independencia	3	1	F	MARK	EB	DF-7	-----	Weg	56HO385	23111063	4	3510
		Independencia	3	2	F	MARK	EB	DF-7	-----	Weg	56HO385	23111066	4	3510
052	José Olaya	Independencia	2	2	F	Hidrostal	BCH	50-200	8408014	Delcrosa	NV160L2	124003M5	30	3540
		Independencia	2	1	F	Hidrostal	BCH	50-200	8408013	Delcrosa	NV200L2	123455M5	48	3520
053	J. G. Condorcanqui	Independencia	2	1	F	Hidrostal	BCH	65-200	8307199	Delcrosa	NV200L2	122635M1	60	3540
		Independencia	2	2	F	Hidrostal	BCH	65-200	8402031	Delcrosa	NV200S2	125279M1	60	3540

CR	Nombre	Distrito	Nivel Críticidad	Eq. N°	Est.	BOMBA				MOTOR				
						Marca	Tipo	Modelo	N° Serie	Marca	Mod. / Tipo	N° Serie	HP	RPM
054	Carabayllo	Carabayllo	1	1	F	Hidrostal	BCH	AC-65-250-9-5500	2000100059	Weg	7094	AY-59862	125	3570
		Carabayllo	1	2	F	Peerles	BCH	PB3X4X8	501-MB5	Delcrosa	NV200LA2	124309M1	48	3540
		Carabayllo	1	3	F	Peerles	BCH	PB3X4X8	503-MB5	Delcrosa	NV200LA2	121168M8	48	3540
		Carabayllo	1	4	F	Hidrostal	BCH	65-250	8412136	Delcrosa	NV250CM2	123121M	125	3540
		Carabayllo	1	5	F	Hidrostal	BCH	65-250	8409390	Delcrosa	NV250CM2	124937M1	90	3540
		Carabayllo	1	6	F	Caprari	BCH	MMU50-1/3	----	Weg	----	----	50	3560
		Carabayllo	1	7	F	Caprari	BCH	MMU50-1/3	----	Siemens	1LA4206-2YC80	2819	50	3540
		Carabayllo	1	8	F	Caprari	BCH	MMU50-1/3	----	Siemens	1LA4206-2YC80	2820	50	3540
058	Ollantaytambo	Independencia	1	1	F	Hidrostal	BCH	65-200	8307197	U S	TU	686955IX11	75	1780
059	Leoncio Prado	Independencia	3	1	F	Hidrostal	EB	32-160	8305146	Weg	----	----	6 6	3430
		Independencia	3	2	F	Hidrostal	EB	32-160	8304289	Weg	----	----	6 6	3490
060	Carmen Alto	Independencia	4	2	U/C	Hidrostal	EB	32-160	8304148	Delcrosa	NV112M2	123292M21	6 6	3430
		Independencia	4	1	U/C	Hidrostal	EB	32-160	8308329	Delcrosa	NV112M2	123165M2	6 6	3430
061	Valle Young	Independencia	3	1	F	Hidrostal	EB	32-160	8308327	Delcrosa	NV112M2	123166M23	6 6	3430
		Independencia	3	2	F	Hidrostal	EB	32-160	8304283	Delcrosa	NV112M2	123292M21	6 6	3430
062	Mercurio Alto	Los Olivos	2	1	F	Barnes	BCH	2020HCED	7873405	Delcrosa	NV132S2	10663	12	3470
		Los Olivos	2	2	F	Barnes	BCH	2020HCED	7823404	Delcrosa	NV132S2	-----	12	3470
064	Ermitaño 2	Independencia	1	1	F	Hidrostal	BCH	65-200	8612280	Delcrosa	NV200LA4	118387	70	3540
		Independencia	1	2	F	Hidrostal	BCH	65-200	8612281	Delcrosa	NV200LA4	128023M1	48	3540
065	Ermitaño 3	Independencia	2	1	F	Hidrostal	BCH	50-200	8706473	Delcrosa	NV180M2	127674M6	36	3540
		Independencia	2	2	F	Hidrostal	BCH	50-200	8705523	Delcrosa	NV180M2	127674M5	36	3540
066	Carabayllo 2	Carabayllo	2	1	F	Peerles	BCH	PB1 5X2X8	403-MB4	Delcrosa	NV132S2	123636M20	12	3460
		Carabayllo	2	2	F	Peerles	BCH	PB1 5X2X8	403-MB3	Delcrosa	NV132S2	123636M21	12	3460
076	Milagro Jesus	Comas	2	1	F	Hidrostal	BCH	50-200	92041288	Delcrosa	NV200L82	133257M1	48	3540
		Comas	2	2	F	Hidrostal	BCH	50-200	92010180	Delcrosa	NV200L82	123528M10	30	3520
077	Año Nuevo	Comas	1	1	F	Peerles	BCH	F-3X4X8	501-N-88	Delcrosa	NV160L2	128515M2	30	3520
		Comas	1	2	F	Peerles	BCH	F-3X4X8	504-N-88	Delcrosa	NV160L2	127834M1	30	3520
078	Jerusalen	Puente Piedra	1	2	F	Hidrostal	BCH	50-160	8712786	Delcrosa	NV160M2	129682M14	24	3490
		Puente Piedra	1	1	F	Hidrostal	BCH	50-160	8708522	Delcrosa	NV160M2	129682M15	24	3490
		Puente Piedra	1	3	F	Hidrostal	BCH	50-160	----	Delcrosa	NV160M2	134862M1	24	3490
		Puente Piedra	1	4	F	Hidrostal	BCH	50-160	----	Delcrosa	NV160M2	134862M2	24	3490
081	Rosa Luz	Puente Piedra	2	1	F	Halberg	BCH	NAWA5D113	10956	Delcrosa	NV132M2	130068M2	24	3490
		Puente Piedra	2	2	F	Halberg	BCH	NAWA5D113	10956-2	Delcrosa	NV132M2	130068M3	15	3470
084	Nueva Florida	Comas	3	1	F	Hidrostal	EB	32-125	8705511	Delcrosa	NV100LB2	127923M59	4 8	3480
		Comas	3	2	F	Hidrostal	EB	32-125	8705510	Delcrosa	NV100LB2	127923M62	4 8	3480
088	Bellavista	Independencia	3	1	F	Peerles	EB	PB1X2X8	352N391	Delcrosa	NV112M2	130225M1	6 6	3430
		Independencia	3	2	F	Peerles	EB	PB1X2X8	351N391	Delcrosa	NV112M2	130225M2	6 6	3430
093	Collique 1	Comas	1	1	F	Hidrostal	BCH	80-250	8311048	Delcrosa	NV160L4	122900M17	24	3490
		Comas	1	2	F	Hidrostal	BCH	80-250	8312359	Delcrosa	NV160L4	119652M22	24	3490
		Comas	1	3	F	Hidrostal	BCH	65-160	8708814	Delcrosa	NV160L4	127833M12	24	3490
		Comas	1	4	F	Peerles	BTV	PB8X8X16	----	Delcrosa	R280S4	128387M1	100	1765
		Comas	1	5	F	Peerles	BTV	PB8X8X16	----	Delcrosa	R280S4	130883M1	100	1765
		Comas	1	6	F	Peerles	BTV	PB8X8X16	----	Delcrosa	R280S4	130883M2	100	1765
094	Collique 3	Comas	2	1	F	Peerles	BTV	PB6X6X12	----	Delcrosa	R225CM4	131139M3	40	1760
		Comas	2	2	F	Peerles	BTV	PB6X6X12	----	Delcrosa	R225CM4	131139M1	40	1760
		Comas	2	3	F	Peerles	BTV	PB6X6X12	----	Delcrosa	R225CM4	131139M2	40	1760

CR	Nombre	Distrito	Nivel Criticidad	Eq. N°	Est.	BOMBA				MOTOR				
						Marca	Tipo	Modelo	N° Serie	Marca	Mod. / Tipo	N° Serie	HP	RPM
095	Collique 4	Comas	2	1	F	Peerles	BTV	PB6X6X12	-----	Delcrosa	R180L4	130876M1	30	1750
		Comas	2	2	F	Peerles	BTV	PB6X6X12	-----	Delcrosa	R180L4	130876M6	30	1750
		Comas	2	3	F	Peerles	BTV	PB6X6X12	-----	Delcrosa	R180L4	130876M3	30	1750
096	Collique 5	Comas	2	1	F	Peerles	BTV	PB6X6X12	-----	Delcrosa	R180L4	130876M5	30	1750
		Comas	2	2	F	Peerles	BTV	PB6X6X12	-----	Delcrosa	R180L4	130876M2	30	1750
097	Collique 6	Comas	2	1	F	Peerles	BTV	8MA-11	-----	Delcrosa	R180L4	130876M7	30	1750
		Comas	2	2	F	Peerles	BTV	8MA-11	-----	Delcrosa	R180L4	130876M4	30	1750
099	Ladera Chillón 1	Puente Piedra	1	1	F	Hidrostral	BCH	50-125	8711003	Delcrosa	NV160MA2	131969M9	48	3480
		Puente Piedra	1	2	F	Hidrostral	BCH	50-125	90070035	Delcrosa	NV160MA2	131969M8	48	3480
100	Ladera Chillón 2	Puente Piedra	2	1	F	Hidrostral	BCH	40-125	90100081	Delcrosa	NV112M2	128132M14	6.6	3430
		Puente Piedra	2	2	F	Hidrostral	BCH	40-125	8710062	Delcrosa	NV112M2	128132M15	6.6	3430
101	Flor de Amancaes 1	Rimac	1	1	F	Hidrostral	BTV	10GL-9	8610177	IEM	754819	6908004	60	1780
		Rimac	1	2	F	Hidrostral	BTV	10GL-9	8607144	IEM	754819	6908003	60	1780
		Rimac	1	3	F	Hidrostral	BTV	10GL-9	-----	IEM	754819	6908001	60	1780
102	Flor de Amancaes 2	Rimac	1	1	F	Hidrostral	BCH	40-160	8602133	Delcrosa	NV132S2	124970M1	12	3460
		Rimac	1	2	F	Hidrostral	BCH	40-160	8606152	Delcrosa	NV132S2	126814M3	12	3460
		Rimac	1	3	F	Hidrostral	BCH	50-200	-----	Weg	-----	63106	25	3460
		Rimac	1	4	F	Hidrostral	BCH	50-200	-----	Weg	-----	63105	25	3460
103	S. Juan Amancaes 1	Rimac	1	1	F	Hidrostral	BCH	50-200	8505047	Weg	NV200LA2	126730M1	48	3540
		Rimac	1	2	F	Hidrostral	BCH	50-200	8605170	Delcrosa	NV200LA2	126730M2	48	3540
104	Independencia 2	Independencia	1	1	F	Hidrostral	BCH	2C1.5x2-11S	92041277	Delcrosa	NV132S2	92041276	9	3600
		Independencia	1	2	F	Hidrostral	BCH	2C1.5x2-57T	92041246	Delcrosa	NV132S2	92041277	9	3600
105	Independencia 3	Independencia	2	1	F	Hidrostral	BCH	2C1.5x2-57T	92050584	Delcrosa	NV132S2	92050588	5	3540
		Independencia	2	2	F	Hidrostral	BCH	2C1.5x2-11S	92050587	Delcrosa	NV132S2	92050589	5	3540
106	S. Juan Amancaes 2	Rimac	2	1	F	Hidrostral	BCH	32-160	8607050	Delcrosa	NV112M2	126146M6	6.6	3430
		Rimac	2	2	F	Hidrostral	BCH	32-160	8608456	Delcrosa	NV112M2	127227M7	6.6	3430
110	Leticia 2	Rimac	2	1	F	Hidrostral	BCH	40-160	89080024	Delcrosa	NV132M2	131465M5	15	3470
		Rimac	2	2	F	Hidrostral	BCH	40-160	89080059	Delcrosa	NV132M2	131465M6	15	3470
115	Cisterna Collique	Comas	4	1	U/C	B. J.	BTV	12 GH-3	-----	Delcrosa	R225L4	11720	75	1760
		Comas	4	2	U/C	B. J.	BTV	12 GH-3	-----	Delcrosa	R225L4	133489M2	75	1760
		Comas	4	3	U/C	B. J.	BTV	12 GH-3	-----	Delcrosa	R225L4	121136M1	75	1760
		Comas	4	4	U/C	B. J.	BTV	12 GM-5	-----	Delcrosa	R315MRA4	1333488M3	150	1765
		Comas	4	5	U/C	B. J.	BTV	12 GM-5	-----	Delcrosa	R315MRA4	1333488M2	150	1765
		Comas	4	6	U/C	B. J.	BTV	12 GM-5	-----	Delcrosa	R315MRA4	1333488M1	150	1765
125	Belaunde	Comas	2	1	F	GOULDS	BCH	VTT-CT	F350825-1	G E	5K215QM2JB1A	L215TP10	15	3505
		Comas	2	2	F	GOULDS	BCH	VTT-CT	F350825-2	G E	5K215QM2JB1A	L215TP10	15	3505
		Comas	2	3	F	Hidrostral	BCH	65-250-9-E500-AS	2000101058	Weg	280S/M	AY5986	125	3570
126	Independencia 4	Independencia	4	1	U/C	Hidrostral	BCH	50-200	-----	Delcrosa	NV200LA2	133257M2	48	3540
		Independencia	1	2	F	B. J.	BTV	-----	-----	US	365TPWP1	622302	75	1760
127	Zapallal Alto	Puente Piedra	1	1	F	Hidrostral	BCH	80-315	93060500	Delcrosa	NV160M2	134930M1	60	1760
		Puente Piedra	1	2	F	Hidrostral	BCH	80-315	93060501	Delcrosa	NV160M2	134929M1	60	1760
		Puente Piedra	1	3	F	Hidrostral	BCH	80-315	-----	Weg	-----	225SM0994	60	1760
		Puente Piedra	4	4	U/C	Hidrostral	BCH	80-315	-----	Weg	-----	225SM1194	75	1760
		Puente Piedra	4	5	U/C	Hidrostral	BCH	80-315	-----	Weg	-----	225SM1194	75	1760
		Puente Piedra	4	6	U/C	Hidrostral	BCH	80-315	-----	Weg	-----	225SM1194	75	1760
160	Patria Nueva	San Martín de Porres	1	1	F	Peerles	BCH	D5-A	-----	Peerles	DS9	17448 95	7.5	3500
		San Martín de Porres	1	2	F	Peerles	BCH	D5-A	-----	Peerles	DS9	15346 95	7.5	3500

CR	Nombre	Distrito	Nivel Criticidad	Eq. N°	Est.	BOMBA				MOTOR				
						Marca	Tipo	Modelo	N° Serie	Marca	Mod. / Tipo	N° Serie	HP	RPM
165	Tarma Chico	Rimac	1	1	F	Hidrostal	BCH	50-160-1	-----	Delcrosa	NV160La2	131418M9	24	3490
		Rimac	1	2	F	Hidrostal	BCH	50-160-1	-----	Delcrosa	NV160La2	170127M4	24	3490
166	Jerusalen 2	Puente Piedra	3	1	F	Hidrostal	BCH	50-160	-----	Weg	-----	-----	20	3510
		Puente Piedra	3	2	F	Hidrostal	BCH	50-160	-----	Weg	-----	-----	20	3510
174	Kennedy	Comas	1	1	F	B.J.	BTV	14GM-4	-----	IEM	VFHTCCVL	7907003	200	1780
		Comas	1	2	F	B.J.	BTV	14GM-4	-----	IEM	VFHTCCVL	7907004	200	1780
		Comas	1	3	F	B.J.	BTV	14GM-4	-----	IEM	VFHTCCVL	7907005	200	1780
177	R-4 Flor de Amancaes	Rimac	2	1	F	Hidrostal	EB	B1x1/2x2	-----	Weg	100-L-0496	96091043	5.7	3500
		Rimac	2	2	F	Hidrostal	EB	B1x1/2x2	-----	Weg	100-L-0496	96090686	5.7	3500
178	R-9 Flor de Amancaes	Rimac	2	1	F	Hidrostal	EB	C1x1/2x2	-----	Weg	-----	95090297	8.6	3490
		Rimac	2	2	F	Hidrostal	EB	C1x1/2x2	-----	Weg	-----	95100675	8.6	3490
179	Cerro la Milla	San Martin de Porres	2	1	F	Hidrostal	BCH	40-200	-----	Weg	-----	AJO2268-1	20	3510
		San Martin de Porres	2	2	F	Hidrostal	BCH	40-200	-----	Weg	-----	AJO2268-2	20	3510
180	Zapallal Alto 2	Puente Piedra	4	1	U/C	Hidrostal	BCH	50-160/C385	95020299	Weg	-----	1294	15	3500
		Puente Piedra	4	2	U/C	Hidrostal	BCH	50-160/C385	95070457	Weg	-----	-----	15	3500
		Puente Piedra	4	3	U/C	Hidrostal	BCH	50-160/C385	95070408	Weg	-----	-----	15	3500
182	Villa los Reyes	Puente Piedra	2	1	F	Barnes	EB	2C15HCE-5	-----	Siemens	8015HCE-S	ILA3113-2Y	6.6	3480
		Puente Piedra	2	2	F	Barnes	EB	2C15HCE-5	-----	Siemens	8015HCE.S	85151-04-9309	6.6	3480
242	El Volante 2	Independencia	3	1	F	Pedrollo	EB	-----	-----	Pedrollo	-----	-----	3	3500
		Independencia	3	2	F	Pedrollo	EB	-----	-----	Pedrollo	-----	-----	3	3500
243	Cerro el Choclo	San Martin de Porres	2	1	F	Peerles	BCH	-----	255 3N	Siemens	B6132S/M	B6132S/M	10	3500
		San Martin de Porres	2	2	F	Peerles	BCH	-----	254 3N	Siemens	1LAS-131-2YA80	1LAS-131-2YB80	10	3500

Leyenda

F Operativo
U/C Paralizado por uso conjunto
MI Electrobomba
G E General Electric

H Horizontal
V Vertical

B.4 INFORMACIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS EN CÁMARAS DE REBOMBEO
Centro de Servicios Callao

CR	Nombre	Distrito	Nivel Criticidad	Eq. N°	Est.	BOMBA				MOTOR				
						Marca	Tipo	Modelo	N° Serle	Marca	Mod. / Tipo	N° Serie	HP	RPM
139	AA HH Caceres	Ventanilla	1	1	F	Hidrostal	BCH	68-200-9	8607144	Delcrosa	NV160L2	125391M2	30	3520
		Ventanilla	1	2	F	Hidrostal	BCH	-----	850611	Delcrosa	NV160L2	125391M3	30	3520
140	Complejo Pte. Piedra	Puente Piedra	1	1	F	Ebara	BCH	200x150IBLLM	RC15209-04	Meiden	ED70-NNR	ID54710004	147.5	1765
		Puente Piedra	1	2	F	Ebara	BCH	200x150IBLLM	RC15209-01	Meiden	ED70-NNR	ID54710001	147.5	1765
		Puente Piedra	1	3	F	Ebara	BCH	200x150IBLLM	RC15209-03	Meiden	ED70-NNR	ID54710003	147.5	1765
		Puente Piedra	1	4	F	Ebara	BCH	200x150IBLLM	RC15209-02	Meiden	ED70-NNR	ID54710002	147.5	1765
141	Benjamin Doing	La Perla	1	1	U/C	Hidrostal	BTV	134818M4	930050467	Delcrosa	R180M4	134818M4	25	1750
		La Perla	1	2	U/C	Hidrostal	BTV	134818M5	930050467	Delcrosa	R180M4	134818M5	25	1750
		La Perla	1	3	U/C	Hidrostal	BTV	134818M3	930050467	Delcrosa	R180M4	134818M3	25	1750
142	Santa Luisa	La Perla	1	1	F	Hidrostal	BTV	658x16 1/2	93060053	Delcrosa	R225CS4	135190M3	50	1760
		La Perla	1	2	F	Hidrostal	BTV	658x16 1/2	93060054	Delcrosa	R225CS4	135190M1	50	1760
		La Perla	1	3	F	Hidrostal	BTV	658x16 1/2	93060052	Delcrosa	R225CS4	135190M2	50	1760
143	Leoncio Prado	La Perla	1	1	F	Hidrostal	BTV	134820M1	93050462	Delcrosa	R160L4	134820M2	20	1745
		La Perla	1	2	F	Hidrostal	BTV	134820M2	93060030	Delcrosa	R160L4	134820M1	20	1745
144	Ovalo Saloon	La Perla	1	1	F	Hidrostal	BTV	6x6x1	93050463	Delcrosa	R180L4	134816M6	25	1750
		La Perla	1	2	F	Hidrostal	BTV	6x6x1	93050466	Delcrosa	R180L4	134816M1	25	1750
		La Perla	1	3	F	Hidrostal	BTV	6x6x1	93050464	Delcrosa	R180L4	134816M2	25	1750
157	Ventanilla Alta	Ventanilla	1	1	F	Mark	BCH	180-1288	INS2077	Weg	1601288	180M0789	25	3510
		Ventanilla	1	2	F	Mark	BCH	180-1288	INS2078	Weg	1601288	180M1288	25	3510
158	Parq. Internacional	Callao	1	1	F	Peelers	BCH	R225CF4	-----	Delcrosa	R226CF4	113925M	50	1760
175	Sta. Marina Supe	Callao	2	1	F	National-Pump	BTV	N6260	38748-4	I.E.M.	764699	5901001	25	1776
		Callao	2	2	F	National-Pump	BTV	N6260	38748-2	I.E.M.	764699	5901003	25	1776
		Callao	2	3	F	National-Pump	BTV	N6260	38748-1	I.E.M.	764699	5901004	25	1776
218	Colinas Altas	Ancon	1	1	F	Hidrostal	BCH	-----	-----	Delcrosa	NV160MA2	118512MN	18	3480
219	Oasis	Ancon	1	1	F	Hidrostal	BCH	C1 1/2x2-8GT	-----	Weg	112M-0397	-----	8.6	3490
		Ancon	1	2	F	Hidrostal	BCH	C1 1/2x2-8GT	-----	Weg	112M-0398	-----	8.6	3460
225	Sn. Francisco de Asis	Ancon	1	1	F	Weg	BCH	-----	-----	Weg	-----	-----	11.5	3400
		Ancon	1	2	F	Weg	BCH	-----	-----	Weg	-----	-----	11.5	3400

LEYENDA

F Operativo
U/C Paralizado por uso conjunto

H Horizontal
V Vertical



B.5 INDICADORES PRINCIPALES DE MEDICION TPM

Nombre	Unidad de medida	Fórmula	Sentido de mejora
Disponibilidad	%	$\frac{[\text{Tiempo de carga} - (\text{PF} + \text{PMA})] \times 100}{\text{Tiempo de carga}}$	Creciente
Tasa de rendimiento	%	Producción = $\frac{\text{Cantidad producida}}{\text{Tiempo de operación programada} \times \text{Caudal}}$	Creciente
Tasa de calidad	%	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de muestras de agua conformes (CI residual)} \times 100}{\text{N}^\circ \text{ Total de muestras de agua}}$	Creciente
Efectividad Total	%	Disponibilidad x Tasa rendimiento x Tasa calidad	Creciente
Indicador de desperdicio de agua	%	$\frac{\text{Caudal de salida}}{\text{Caudal de ingreso}}$	Creciente
Indice de reclamos x falta de agua por cada 1000 conexiones domiciliarias	$\frac{\text{Reclamos}}{\text{Conexión domiciliaria}}$	$\frac{\text{N}^\circ \text{ reclamos por falta de agua}}{1000 \text{ conexiones domiciliarias}}$	Decreciente
Indice de reclamos x calidad de agua	$\frac{\text{Reclamos}}{\text{Conexión domiciliaria}}$	$\frac{\text{N}^\circ \text{ reclamos por calidad de agua}}{1000 \text{ conexiones domiciliarias}}$	Decreciente
Indicador bacteriológico del agua			Valores dentro de rangos permisibles
Indicador fisicoquímico del agua			Valores dentro de rangos permisibles

APÉNDICE C

- C.1 REPORTE DE ANÁLISIS VIBRACIONAL – DICIEMBRE 2,002**
- C.2 INFORME DE ANÁLISIS VIBRACIONAL CR-054**
- C.3 INFORME DE CORRECCIONES DE FALLAS POR
DESALINEAMIENTO EN LAS ESTACIONES CR-014, CR-040 Y CR-
077**

C.1 REPORTE DEL ANALISIS VIBRACIONAL - DICIEMBRE 2002

LANTA: POZOS CALLAO

EQUIPO	Estado Inicial	REPORTE DEL ANÁLISIS VIBRACIONAL	FECHA	Estado Dic-02	Dic-02	Ene-03	Feb-03	ULTIMO CONTROL																	
P-518	Critico	Desgaste y sutura en componentes inferiores de la bomba(cambio)	17-Dic-02	Semi critico	x		x	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cant</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bueno</td> <td>3</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Tolerable</td> <td>20</td> <td>59</td> </tr> <tr> <td>Semi critico</td> <td>8</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>Critico</td> <td>3</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>34</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>	Cant	%	Bueno	3	9	Tolerable	20	59	Semi critico	8	24	Critico	3	9	Total	34	100
Cant	%																								
Bueno	3	9																							
Tolerable	20	59																							
Semi critico	8	24																							
Critico	3	9																							
Total	34	100																							
P-530	Bueno	Seguimiento de analisis de fallas segun el reporte	17-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-531	Critico	Seguimiento de analisis de fallas segun el reporte	17-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-533	Critico	Seguimiento de analisis de fallas segun el reporte	17-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-549	Tolerable	Seguimiento de analisis de fallas segun el reporte	17-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-555	Bueno	Seguimiento de analisis de fallas segun el reporte	17-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-556	Tolerable	Seguimiento de analisis de fallas segun el reporte	17-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-557	Tolerable	Seguimiento de analisis de fallas segun el reporte	17-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-558	Tolerable	Realizar el balanceo in situ	17-Dic-02	Semi critico	x		x																		
P-559	Critico	Realizar el balanceo in situ	17-Dic-02	Semi critico	x		x																		
P-560	Critico	Seguimiento de analisis de fallas segun el reporte	17-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-561	Tolerable	Seguimiento de analisis de fallas segun el reporte	17-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-562	Tolerable	Equipo en condiciones normales de operacion	17-Dic-02	Bueno	x		x																		
P-563	Critico	Realizar el balanceo in situ	09-Dic-02	Critico	x		x																		
P-565	Bueno	Seguimiento de analisis de fallas segun el reporte	17-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-566	Tolerable	Seguimiento de analisis de fallas segun el reporte	17-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-567	Tolerable	Seguimiento de analisis de fallas segun el reporte	17-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-569	Critico	Realizar el balanceo in situ	17-Dic-02	Semi critico	x		x																		
P-570	Critico	Seguimiento de analisis de fallas segun el reporte	17-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-574	Tolerable	Seguimiento de analisis de fallas segun el reporte	17-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-575	Tolerable	Equipo en condiciones normales de operacion	17-Dic-02	Bueno	x		x																		
P-580	Tolerable	Equipo en condiciones normales de operacion	17-Dic-02	Bueno	x		x																		
P-581	Tolerable	Realizar el balanceo in situ	09-Dic-02	Critico	x		x																		
P-582	Bueno	Seguimiento de analisis de fallas segun el reporte	17-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-583	Semi critico	Seguimiento de analisis de fallas segun el reporte	17-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-584	Tolerable	Seguimiento de analisis de fallas segun el reporte	17-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-585	Semi critico	Rodamientos del motor en mal estado realizar su cambio segun reporte	17-Dic-02	Semi critico	x		x																		
P-587	Bueno	Realizar el balanceo in situ, la bomba de cloro en mal estado manntto. Preven	17-Dic-02	Semi critico	x		x																		
P-588	Tolerable	Seguimiento de analisis de fallas segun el reporte	17-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-596	Bueno	Seguimiento de analisis de fallas segun el reporte	17-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-597	Critico	Realizar el balanceo in situ, verificar fallas componentes de bomba por fallas	17-Dic-02	Semi critico	x		x																		
P-598	Semi critico	Realizar el balanceo in situ, verificar fallas componentes de bomba por fallas	17-Dic-02	Semi critico	x		x																		
P-738	Tolerable	Seguimiento de analisis de fallas segun el reporte	17-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-750	Critico	Realizar el balanceo in situ, verificar fallas componentes de bomba por fallas	09-Dic-02	Critico	x		x																		

LANTA: POZOS COMAS

EQUIPO	Estado Inicial	REPORTE DEL ANÁLISIS VIBRACIONAL	FECHA	Estado Dic-02	Dic-02	Ene-03	Feb-03	ULTIMO CONTROL																	
P-297	Tolerable	Seguimiento de fallas mediante el analisis de vibraciones	10-Dic-02	Tolerable	x		x	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cant</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bueno</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Tolerable</td> <td>14</td> <td>82</td> </tr> <tr> <td>Semi critico</td> <td>1</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Critico</td> <td>2</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>17</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>	Cant	%	Bueno	0	0	Tolerable	14	82	Semi critico	1	6	Critico	2	12	Total	17	100
Cant	%																								
Bueno	0	0																							
Tolerable	14	82																							
Semi critico	1	6																							
Critico	2	12																							
Total	17	100																							
P-298	Semi critico	Balanceo del equipo in situ	10-Dic-02	Critico	x		x																		
P-421	Critico	Seguimiento de fallas mediante el analisis de vibraciones	10-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-446	Critico	Balanceo in situ seguimiento de fallas en rodamientos del motor	10-Dic-02	Semi critico	x		x																		
P-447	Critico	Seguimiento de fallas mediante el analisis de vibraciones	10-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-473	Tolerable	Seguimiento de fallas mediante el analisis de vibraciones	10-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-653	Semi critico	Seguimiento de fallas mediante el analisis de vibraciones	10-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-667	Tolerable	Equipo en estado regular, realizar el seguimiento de fallas	10-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-629	Critico	Balanceo del equipo in situ	10-Dic-02	Critico	x		x																		
P-680	Critico	Seguimiento de fallas mediante el analisis de vibraciones	10-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-681	Critico	Seguimiento de fallas mediante el analisis de vibraciones	10-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-710	Bueno	Equipo en condiciones normales de operacion	10-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-711	Tolerable	Seguimiento de fallas mediante el analisis de vibraciones	10-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-712	Tolerable	Seguimiento de fallas mediante el analisis de vibraciones	10-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-743	Critico	Seguimiento de fallas mediante el analisis de vibraciones	10-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-744	Critico	Seguimiento de fallas mediante el analisis de vibraciones	10-Dic-02	Tolerable	x		x																		
P-790	Critico	Seguimiento de fallas mediante el analisis de vibraciones	10-Dic-02	Tolerable	x		x																		

LANTA: ANCON

EQUIPO	Estado Inicial	REPORTE DEL ANÁLISIS VIBRACIONAL	FECHA	Estado Dic-02	Dic-02	Ene-03	Feb-03	ULTIMO CONTROL																	
P-R-218-1	Tolerable	Cambio de rod de motor y bomba, eliminar rasas base aline y balanceo, sutura	09-Nov-02	Critico		x		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cant</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bueno</td> <td>3</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Tolerable</td> <td>1</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Semi critico</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Critico</td> <td>1</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>5</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>	Cant	%	Bueno	3	60	Tolerable	1	20	Semi critico	0	0	Critico	1	20	Total	5	100
Cant	%																								
Bueno	3	60																							
Tolerable	1	20																							
Semi critico	0	0																							
Critico	1	20																							
Total	5	100																							
P-R-219-1	Semi critico	Equipo en condiciones normales de operacion	09-Nov-02	Bueno		x																			
P-R-219-2	Semi critico	Equipo en condiciones normales de operacion	09-Nov-02	Bueno		x																			
P-R-225-1	Tolerable	Seguimiento de fallas en inicio en los componentes del equipo	09-Nov-02	Tolerable		x																			
P-R-225-2	Tolerable	Equipo en condiciones normales de operacion	09-Nov-02	Bueno		x																			

C.1 REPORTE DEL ANALISIS VIBRACIONAL - DICIEMBRE 2002

PLANTA: CALLAO

EQUIPO	Estado Inicial	REPORTE DEL ANALISIS VIBRACIONAL	FECHA	Estado Dic-02	Dic-02	Ene-03	Feb-03	ULTIMO CONTROL																		
CR-158-1	Critico	Balaneo del equipo in situ por desgaste de impulsor y flexionamiento de eje	09-Dic-02	Critico	x			<div style="text-align: center;"> <p>ULTIMO CONTROL</p> <p>Buena & Tolerable 75%</p> <p>Semi critico 25%</p> <p>Critico 0%</p> </div> <div style="text-align: center;"> </div> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Cant</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Buena</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Tolerable</td> <td>3</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>Semi critico</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Critico</td> <td>1</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>4</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>		Cant	%	Buena	0	0	Tolerable	3	75	Semi critico	0	0	Critico	1	25	Total	4	100
	Cant	%																								
Buena	0	0																								
Tolerable	3	75																								
Semi critico	0	0																								
Critico	1	25																								
Total	4	100																								
CR-175-1	Critico	Seguimiento de fallas en inicio en los componentes del equipo	09-Dic-02	Tolerable	x		x																			
CR-175-2	Tolerable	Seguimiento de fallas en inicio en los componentes del equipo	09-Dic-02	Tolerable	x		x																			
CR-175-3	Semi critico	Seguimiento de fallas en inicio en los componentes del equipo	09-Dic-02	Tolerable	x		x																			

PLANTA: CARABAYLLO

EQUIPO	Estado Inicial	REPORTE DEL ANALISIS VIBRACIONAL	FECHA	Estado Dic-02	Dic-02	Ene-03	Feb-03	ULTIMO CONTROL																		
CR-054-1	Semi critico	Cambio de rodamientos de la bomba. verificar ajustes en aloj	17-Nov-02	Semi critico		x		<div style="text-align: center;"> <p>ULTIMO CONTROL</p> <p>Buena & Tolerable 50%</p> <p>Semi critico 25%</p> <p>Critico 25%</p> </div> <div style="text-align: center;"> </div> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Cant</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Buena</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Tolerable</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Semi critico</td> <td>4</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Critico</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>10</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>		Cant	%	Buena	0	0	Tolerable	0	0	Semi critico	4	40	Critico	0	0	Total	10	100
	Cant	%																								
Buena	0	0																								
Tolerable	0	0																								
Semi critico	4	40																								
Critico	0	0																								
Total	10	100																								
CR-054-2	Buena	Seguimientos de analisis de fallas	17-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-054-3	Critico	Cambio de rodamientos de la bomba. verificar ajustes en aloj y tapas	17-Nov-02	Semi critico		x																				
CR-054-4	Semi critico	Seguimientos de analisis de fallas	17-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-054-5	Critico	Seguimientos de analisis de fallas	17-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-054-6	Buena	Alineamiento del equipo. seguimiento de fallas en los rodamientos de bomba	17-Nov-02	Semi critico		x																				
CR-054-7	Tolerable	Seguimientos de analisis de fallas	17-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-054-8	Buena	Seguimientos de analisis de fallas	17-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-068-1	Semi critico	Seguimiento de analisis de fallas segun el reporte	17-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-068-2	Critico	Alineamiento del equipo. seguimiento de fallas en los rodamientos de motor	17-Nov-02	Semi critico		x																				

PLANTA: COMAS

EQUIPO	Estado Inicial	REPORTE DEL ANALISIS VIBRACIONAL	FECHA	Estado Dic-02	Dic-02	Ene-03	Feb-03	ULTIMO CONTROL																		
CR-018-1	Buena	Seguimientos de analisis de fallas	04-Nov-02	Tolerable		x		<div style="text-align: center;"> <p>ULTIMO CONTROL</p> <p>Buena & Tolerable 75%</p> <p>Semi critico 24%</p> <p>Critico 0%</p> </div> <div style="text-align: center;"> </div> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Cant</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Buena</td> <td>5</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Tolerable</td> <td>24</td> <td>63</td> </tr> <tr> <td>Semi critico</td> <td>3</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>Critico</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>38</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>		Cant	%	Buena	5	13	Tolerable	24	63	Semi critico	3	24	Critico	0	0	Total	38	100
	Cant	%																								
Buena	5	13																								
Tolerable	24	63																								
Semi critico	3	24																								
Critico	0	0																								
Total	38	100																								
CR-018-2	Tolerable	Seguimientos de analisis de fallas	04-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-019-1	Semi critico	Falta ngidez en base. alineamen de equipo nay sotrura en rodam bomba	04-Nov-02	Semi critico		x																				
CR-019-2	Critico	Hay resonancia. ajuste de bornos de base. alineamiento ver tubenas	04-Nov-02	Semi critico		x																				
CR-019-3	Critico	Fallas en rodamientos bomba. cambio de tubena de succion y descarga	04-Nov-02	Semi critico		x																				
CR-039-1	Tolerable	Seguimientos de analisis de fallas	04-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-039-2	Semi critico	Seguimientos de analisis de fallas	04-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-040-1	Critico	Verificar ajustes de rodamientos en la bomba	04-Nov-02	Semi critico		x																				
CR-040-2	Critico	Seguimientos de analisis de fallas	04-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-040-3	Tolerable	Seguimientos de analisis de fallas	04-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-076-1	Critico	Reparacion de la sotrura y balanceo en motor	04-Nov-02	Semi critico		x																				
CR-076-2	Critico	Seguimientos de analisis de fallas	04-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-077-1	Tolerable	Seguimientos de analisis de fallas	04-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-077-2	Buena	Seguimientos de analisis de fallas	04-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-084-1	Buena	Seguimientos de analisis de fallas	04-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-084-2	Buena	Seguimientos de analisis de fallas	04-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-093-1	Tolerable	Seguimientos de analisis de fallas	04-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-093-2	Tolerable	Equipo en condiciones normales de operacion	04-Nov-02	Buena		x																				
CR-093-3	Tolerable	Seguimientos de analisis de fallas	04-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-093-4	Tolerable	Necesita balanceo in situ	04-Nov-02	Semi critico		x																				
CR-093-5	Buena	Seguimientos de analisis de fallas	04-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-093-6	Buena	Verificar ejes bocinas e impulsores nay sotrura y desgaste	04-Nov-02	Semi critico		x																				
CR-094-1	Buena	Seguimientos de analisis de fallas	04-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-094-2	Tolerable	Seguimientos de analisis de fallas	04-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-094-3	Tolerable	Balaneo del equipo segun pronoad	04-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-095-1	Critico	Equipo en condiciones normales de operacion	04-Nov-02	Buena		x																				
CR-095-2	Critico	Seguimientos de analisis de fallas	04-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-095-3	Buena	Seguimientos de analisis de fallas	04-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-096-1	Buena	Equipo en condiciones normales de operacion	04-Nov-02	Buena		x																				
CR-096-2	Critico	Equipo en condiciones normales de operacion	04-Nov-02	Buena		x																				
CR-097-1	Critico	Seguimientos de analisis de fallas	17-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-097-2	Tolerable	Seguimientos de analisis de fallas	04-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-125-1	Semi critico	Seguimientos de analisis de fallas	04-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-125-2	Critico	Verificar ejes bocinas e impulsores nay sotrura y desgaste	04-Nov-02	Semi critico		x																				
CR-125-3	Critico	Ver ajustes de asientos de rodamientos de bomba. cambio de tubena succion y descarga nay cavitacion y turbulencia en la linea	04-Nov-02	Semi critico		x																				
CR-174-1	Buena	Seguimientos de analisis de fallas	04-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-174-2	Tolerable	Seguimientos de analisis de fallas	04-Nov-02	Tolerable		x																				
CR-174-3	Buena	Este equipo esta en condiciones normales de operacion	04-Nov-02	Buena		x																				

C.1 REPORTE DEL ANÁLISIS VIBRACIONAL - DICIEMBRE 2002

PLANTA: RIMAC

EQUIPO	Estado Inicial	REPORTE DEL ANÁLISIS VIBRACIONAL	FECHA	Estado Dic-02	Dic-02	Ene-03	Feb-03	ULTIMO CONTROL																		
R-003-1	Critico	Seguimiento de fallas mediante el analisis de vibraciones	17-Nov-02	Tolerable		X		<div style="text-align: center;"> <p>ULTIMO CONTROL</p> <p>Critico 9% Semi critico 13% Buena & Regular 78%</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr><th></th><th>Cant</th><th>%</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Buena & Regular</td><td>9</td><td>39</td></tr> <tr><td>Tolerable</td><td>9</td><td>39</td></tr> <tr><td>Semi critico</td><td>3</td><td>13</td></tr> <tr><td>Critico</td><td>2</td><td>9</td></tr> <tr><td>Total</td><td>23</td><td>100</td></tr> </tbody> </table> </div>		Cant	%	Buena & Regular	9	39	Tolerable	9	39	Semi critico	3	13	Critico	2	9	Total	23	100
	Cant	%																								
Buena & Regular	9	39																								
Tolerable	9	39																								
Semi critico	3	13																								
Critico	2	9																								
Total	23	100																								
R-003-2	Buena	Equipo en condiciones normales de vibracion	17-Nov-02	Buena		X																				
R-008-1	Critico	Seguimiento de fallas mediante el control vibracional	17-Nov-02	Buena		X																				
R-008-2	Critico	Seguimiento de fallas mediante el control vibracional	17-Nov-02	Buena		X																				
R-101-1	Critico	Equipo en condiciones normales de vibracion	17-Nov-02	Buena		X																				
R-101-2	Semi critico	Seguimiento de fallas mediante el control vibracional	17-Nov-02	Tolerable		X																				
R-101-3	Tolerable	Seguimiento de fallas mediante el control vibracional	17-Nov-02	Tolerable		X																				
R-102-1	Critico	Seguimiento de fallas mediante el control vibracional	17-Nov-02	Tolerable		X																				
R-102-1B	Critico	Alineamiento y cambio rodamientos de la bomba c/ tipo acople balance	16-Nov-02	Semi critico		X																				
R-102-2	Critico	Equipo en condiciones normales de vibracion	16-Nov-02	Buena		X																				
R-102-2B	Tolerable	Cambio rodamientos bomba y motor C/ acople	16-Nov-02	Critico		X																				
R-103-1	Critico	Seguimiento de fallas mediante el analisis de vibraciones	16-Nov-02	Tolerable		X																				
R-103-2	Semi critico	Seguimiento de fallas mediante el analisis de vibraciones	16-Nov-02	Tolerable		X																				
R-106-1	Buena	Cambio de rodamiento del motor segun reporte de manito Predictivo	17-Nov-02	Semi critico		X																				
R-106-2	Buena	Manito por soldura en los alojamientos de los rodamientos del motor	17-Nov-02	Semi critico		X																				
R-110-1	Tolerable	Seguimiento de fallas mediante el control vibracional	17-Nov-02	Tolerable		X																				
R-110-2	Critico	Seguimiento de fallas mediante el control vibracional	17-Nov-02	Tolerable		X																				
R-185-1	Tolerable	Seguimiento de fallas mediante el analisis de vibraciones	17-Nov-02	Buena		X																				
R-185-2	Semi critico	Cambiar rodamientos de bomba y motor, alineamiento c/ ventilador m	17-Nov-02	Critico		X																				
R-177-1	Buena	Equipo en condiciones normales de operacion	17-Nov-02	Buena		X																				
R-177-2	Buena	Equipo en condiciones normales de operacion	17-Nov-02	Buena		X																				
R-178-1	Buena	Equipo en condiciones normales de operacion	17-Nov-02	Tolerable		X																				
R-178-2	Buena	Equipo en condiciones normales de operacion	17-Nov-02	Buena		X																				

PLANTA: SAN MARTIN DE PORRES

EQUIPO	Estado Inicial	REPORTE DEL ANÁLISIS VIBRACIONAL	FECHA	Estado Dic-02	Dic-02	Ene-03	Feb-03	ULTIMO CONTROL																		
R-062-1	Tolerable	Seguimiento de fallas mediante el analisis de vibraciones	17-Nov-02	Tolerable		X		<div style="text-align: center;"> <p>ULTIMO CONTROL</p> <p>Buena & Regular 75% Tolerable 5% Semi critico 10% Critico 10%</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr><th></th><th>Cant</th><th>%</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Buena & Regular</td><td>6</td><td>75</td></tr> <tr><td>Tolerable</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>Semi critico</td><td>2</td><td>10</td></tr> <tr><td>Critico</td><td>2</td><td>10</td></tr> <tr><td>Total</td><td>8</td><td>100</td></tr> </tbody> </table> </div>		Cant	%	Buena & Regular	6	75	Tolerable	1	5	Semi critico	2	10	Critico	2	10	Total	8	100
	Cant	%																								
Buena & Regular	6	75																								
Tolerable	1	5																								
Semi critico	2	10																								
Critico	2	10																								
Total	8	100																								
R-062-2	Tolerable	Seguimiento de fallas en progreso	17-Nov-02	Tolerable		X																				
R-160-1	Tolerable	Este equipo se encuentra en condiciones normales de operacion	17-Nov-02	Buena		X																				
R-160-2	Semi critico	Este equipo se encuentra en condiciones normales de operacion	17-Nov-02	Buena		X																				
R-179-1	Tolerable	Seguimiento de fallas mediante el analisis de vibraciones	17-Nov-02	Tolerable		X																				
R-179-2	Critico	Seguimiento de fallas mediante el analisis de vibraciones	17-Nov-02	Tolerable		X																				
R-243-1	Tolerable	Seguimiento de fallas mediante el analisis de vibraciones	17-Nov-02	Tolerable		X																				
R-243-2	Tolerable	Seguimiento de fallas mediante el analisis de vibraciones	17-Nov-02	Tolerable		X																				

PLANTA: VENTANILLA

EQUIPO	Estado Inicial	REPORTE DEL ANÁLISIS VIBRACIONAL	FECHA	Estado Dic-02	Dic-02	Ene-03	Feb-03	ULTIMO CONTROL																		
R-139-1	Critico	Seguimiento de fallas en inicio en los componentes del equipo	09-Nov-02	Tolerable		X		<div style="text-align: center;"> <p>ULTIMO CONTROL</p> <p>Buena & Regular 50% Semi critico 50% Critico 0%</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr><th></th><th>Cant</th><th>%</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Buena & Regular</td><td>2</td><td>50</td></tr> <tr><td>Tolerable</td><td>2</td><td>50</td></tr> <tr><td>Semi critico</td><td>2</td><td>50</td></tr> <tr><td>Critico</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Total</td><td>4</td><td>100</td></tr> </tbody> </table> </div>		Cant	%	Buena & Regular	2	50	Tolerable	2	50	Semi critico	2	50	Critico	0	0	Total	4	100
	Cant	%																								
Buena & Regular	2	50																								
Tolerable	2	50																								
Semi critico	2	50																								
Critico	0	0																								
Total	4	100																								
R-139-2	Tolerable	Cambio de rodamientos de la bomba segun reporte de Manito Predictivo	09-Nov-02	Semi critico		X																				
R-157-1	Semi critico	Seguimiento de fallas en inicio en los componentes del equipo	09-Nov-02	Tolerable		X																				
R-157-2	Critico	Es necesario el cambio de impulsor por desgaste, alineamiento	09-Nov-02	Semi critico		X																				

INFORME No. 104 – M-Pd.

A : ING. CARLOS PAREDES CASTAÑEDA
JEFE EOME – ZONAL NORTE. SEDAPAL.

DE : CUADRILLA DE MANTTO. PREDICTIVO

ASUNTO : INFORME DE ANÁLISIS VIBRACIONAL DEL – CR-054 – EQUIPO 01 - ESTACION PLANTA CARABAYLLO

FECHA : 04/09/02

Por medio del presente se le informa el estado vibracional del equipo de la estación de bombeo en funcionamiento.

RESULTADOS

Según el análisis vibracional efectuado en este equipo, nos da como resultado, que este se encuentra con fallas de desbalance en motor y soltura en los alojamientos de los rodamientos de la bomba, se adjuntan en este informe las amplitudes totales y el espectro, donde se verifica los niveles de vibración según las tomas realizadas en cada fecha.

RECOMENDACIONES:

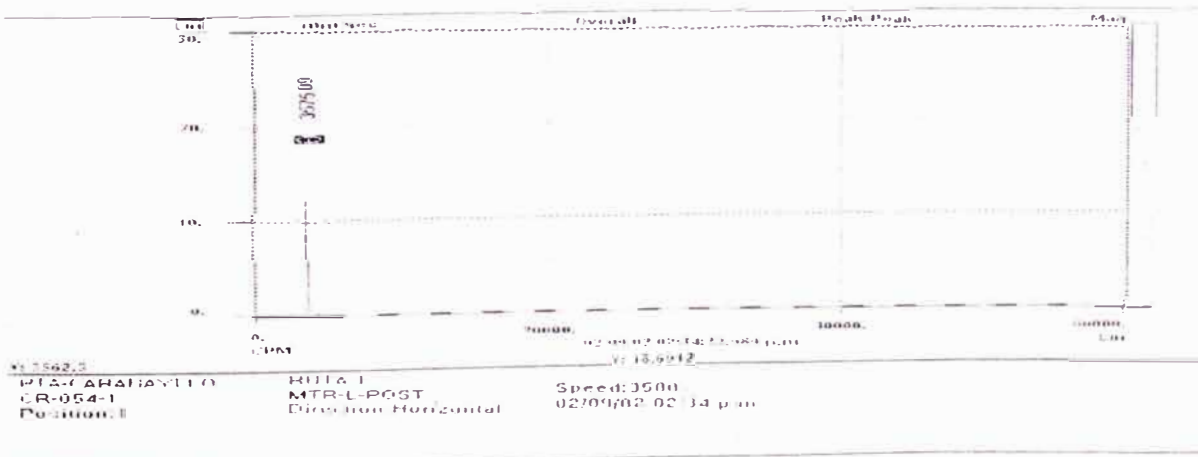
Realizar el balanceo y alineamiento
Seguimiento de fallas en los rodamientos de la bomba.

CONCLUSIÓN: Estado del equipo "CRITICO"

AMPLITUDES TOTALES DEL EQUIPO CR- 054-1

CR-054-1	Position	Direction	Units	Filter	Value	Date/Time
MTR-L-POST	1	Horizontal	GSE	5kHz gSE	0.0278	02/09/02 02:34 p.m
MTR-L-POST	1	Horizontal	mm/sec	Overall	19.4	02/09/02 02:34 p.m
MTR-L-POST	1	Vertical	mm/sec	Overall	1.83	02/09/02 02:34 p.m
MTR-L-ACOP	2	Axial	mm/sec	Overall	3.21	02/09/02 02:36 p.m
MTR-L-ACOP	2	Horizontal	GSE	5kHz gSE	0.0421	02/09/02 02:36 p.m
MTR-L-ACOP	2	Horizontal	mm/sec	Overall	21.1	02/09/02 02:36 p.m
MTR-L-ACOP	2	Vertical	mm/sec	Overall	2.97	02/09/02 02:36 p.m
BOM-L-ACOP	3	Axial	mm/sec	Overall	11.5	31/12/02 11:27 a.m
BOM-L-ACOP	3	Horizontal	GSE	5kHz gSE	0.146	02/09/02 02:36 p.m
BOM-L-ACOP	3	Horizontal	mm/sec	Overall	9.11	02/09/02 02:36 p.m
BOM-L-ACOP	3	Vertical	mm/sec	Overall	14.7	02/09/02 02:37 p.m
BOM-L-IMP	4	Horizontal	GSE	5kHz gSE	0.28	02/09/02 02:37 p.m
BOM-L-IMP	4	Horizontal	mm/sec	Overall	6.33	02/09/02 02:37 p.m
BOM-L-IMP	4	Vertical	mm/sec	Overall	16.1	02/09/02 02:37 p.m

ESPECTRO DEL PUNTO CON LA MAYOR AMPLITUD DE VIBRACIÓN.



INFORME No. 104 – M-Pd.

A : ING. CARLOS PAREDES CASTAÑEDA
JEFE EOME – ZONAL NORTE. SED. L

DE : CUADRILLA DE MANTTO. PREDICTIVO

ASUNTO **INFORME DE ANÁLISIS VIBRACIONAL DEL – CR-054 – EQUIPO 02 - ESTACION PLANTA CARABAYLLO**

FECHA **04/09/02**

Por medio del presente se le informa el estado vibracional del equipo de la estación de rebombeo en funcionamiento.

RESULTADOS

Según el análisis vibracional efectuado en este equipo, nos da como resultado, que este se encuentra con fallas de los rodamientos de la bomba, se adjuntan en este informe las amplitudes totales y el espectro, donde se verifica los niveles de vibración según las tomas realizadas en cada fecha.

RECOMENDACIONES:

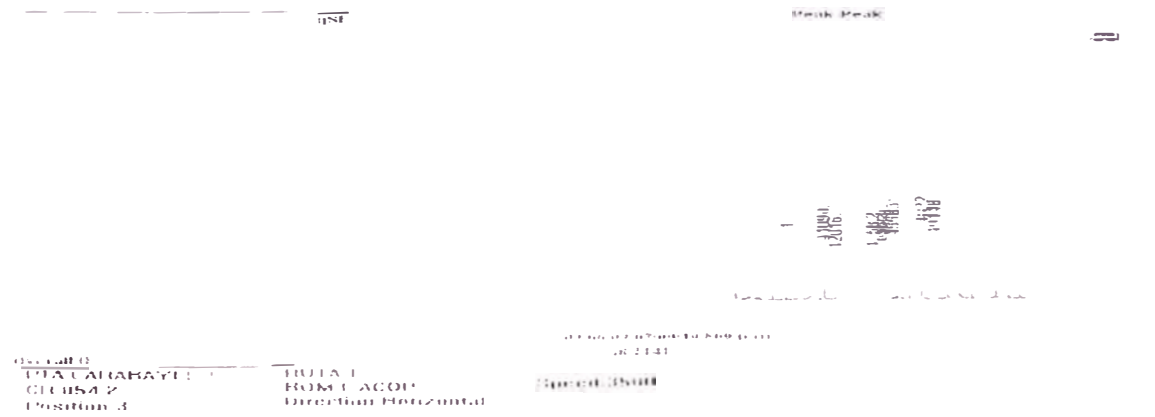
Realizar el cambio de rodamientos de la bomba, verificar ajustes. Alineamiento y balanceo. Urgente.

CONCLUSIÓN Estado del equipo "CRITICO"

AMPLITUDES TOTALES DEL EQUIPO CR- 0-54-2

CR-054-2	Position	Direction	Units	Filter	Value	Date/Time
MTR-L-POST	1	Horizontal	gSE	5kHz gSE	0.143	02/09/02 03:08 p.m
MTR-L-POST	1	Horizontal	mm/sec	Overall	6.01	02/09/02 03:08 p.m
MTR-L-POST	1	Vertical	mm/sec	Overall	3.7	02/09/02 03:08 p.m
MTR-L-ACOP	2	Axial	mm/sec	Overall	4.7	10/01/02 10:56 a.m
MTR-L-ACOP	2	Horizontal	gSE	5kHz gSE	0.0909	02/09/02 03:08 p.m
MTR-L-ACOP	2	Horizontal	mm/sec	Overall	6.28	02/09/02 03:08 p.m
MTR-L-ACOP	2	Vertical	mm/sec	Overall	6.78	10/01/02 10:56 a.m
BOM-L-ACOP	3	Axial	mm/sec	Overall	6.65	02/09/02 03:10 p.m
BOM-L-ACOP	3	Horizontal	gSE	5kHz gSE	2.57	02/09/02 03:09 p.m
BOM-L-ACOP	3	Horizontal	mm/sec	Overall	23.6	02/09/02 03:09 p.m
BOM-L-ACOP	3	Vertical	mm/sec	Overall	15.3	02/09/02 03:09 p.m
BOM-L-IMP	4	Horizontal	gSE	5kHz gSE	0.261	10/01/02 10:57 a.m
BOM-L-IMP	4	Horizontal	mm/sec	Overall	3.01	10/01/02 10:57 a.m
BOM-L-IMP	4	Vertical	mm/sec	Overall	2.99	10/01/02 10:57 a.m

ESPECTRO DEL PUNTO CON LA MAYOR AMPLITUD DE VIBRACIÓN.



INFORME No. 104 – M-Pd.

A : ING. CARLOS PAREDES CASTAÑEDA
JEFE EOME – ZONAL NORTE. SEDAPAL.

DE : CUADRILLA DE MANTTO. PREDICTIVO

ASUNTO : INFORME DE ANÁLISIS VIBRACIONAL DEL – CR-054 – EQUIPO 03 - ESTACION PLANTA CARABAYLLO

FECHA : 04/09/02

Por medio del presente se le informa el estado vibracional del equipo de la estación de rebombeo en funcionamiento.

RESULTADOS

Según el análisis vibracional efectuado en este equipo, nos da como resultado, que este se encuentra dentro de las condiciones normales de operación según ISO 2372, se adjuntan en este informe las amplitudes totales y el espectro, donde se verifica los niveles de vibración según las tomas realizadas en cada fecha.

RECOMENDACIONES:

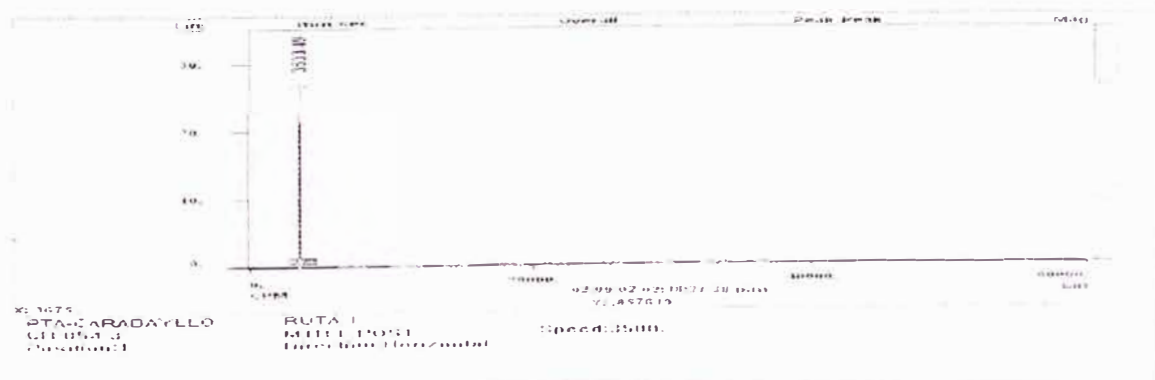
Realizar el seguimiento de análisis de vibraciones al equipo.

CONCLUSIÓN: Estado del equipo "REGULAR"

AMPLITUDES TOTALES DEL EQUIPO CR- 054 -3

CR-054-3	Position	Direction	Units	Filter	Value	Date/Time
MTR-L-POST	1	Horizontal	GSE	5kHz gSE	0.0244	02/09/02 02:38 p.m
MTR-L-POST	1	Horizontal	mm/sec	Overall	27	02/09/02 02:38 p.m
MTR-L-POST	1	Vertical	mm/sec	Overall	12.2	02/09/02 02:38 p.m
MTR-L-ACOP	2	Axial	mm/sec	Overall	14.8	02/09/02 02:39 p.m
MTR-L-ACOP	2	Horizontal	GSE	5kHz gSE	0.0191	02/09/02 02:39 p.m
MTR-L-ACOP	2	Horizontal	mm/sec	Overall	27.5	02/09/02 02:39 p.m
MTR-L-ACOP	2	Vertical	mm/sec	Overall	36.7	02/09/02 02:39 p.m
BOM-L-ACOP	3	Axial	mm/sec	Overall	3.36	02/09/02 02:40 p.m
BOM-L-ACOP	3	Horizontal	GSE	5kHz gSE	0.252	02/09/02 02:40 p.m
BOM-L-ACOP	3	Horizontal	mm/sec	Overall	5.19	02/09/02 02:39 p.m
BOM-L-ACOP	3	Vertical	mm/sec	Overall	4.97	02/09/02 02:40 p.m
BOM-L-IMP	4	Horizontal	GSE	5kHz gSE	0.358	02/09/02 02:40 p.m
BOM-L-IMP	4	Horizontal	mm/sec	Overall	3.75	02/09/02 02:40 p.m
BOM-L-IMP	4	Vertical	mm/sec	Overall	3.46	02/09/02 02:41 p.m

ESPECTRO DEL PUNTO CON LA MAYOR AMPLITUD DE VIBRACIÓN.



INFORME No. 104 – M-Pd.

A : ING. CARLOS PAREDES CASTAÑEDA
JEFE EOME – ZONAL NORTE. SEDAPAL.

DE : CUADRILLA DE MANTTO. PREDICTIVO

ASUNTO : INFORME DE ANÁLISIS VIBRACIONAL DEL – CR-054 – EQUIPO 04 - ESTACION PLANTA CARABAYLLO

FECHA : 04/09/02

Por medio del presente se le informa el estado vibracional del equipo de la estación de rebombeo en funcionamiento.

RESULTADOS

Según el análisis vibracional efectuado en este equipo, nos da como resultado, que este se encuentra dentro de los rangos permisibles de vibración, se adjuntan en este informe las amplitudes totales y el espectro, donde se verifica los niveles de vibración según las tomas realizadas en cada fecha.

RECOMENDACIONES:

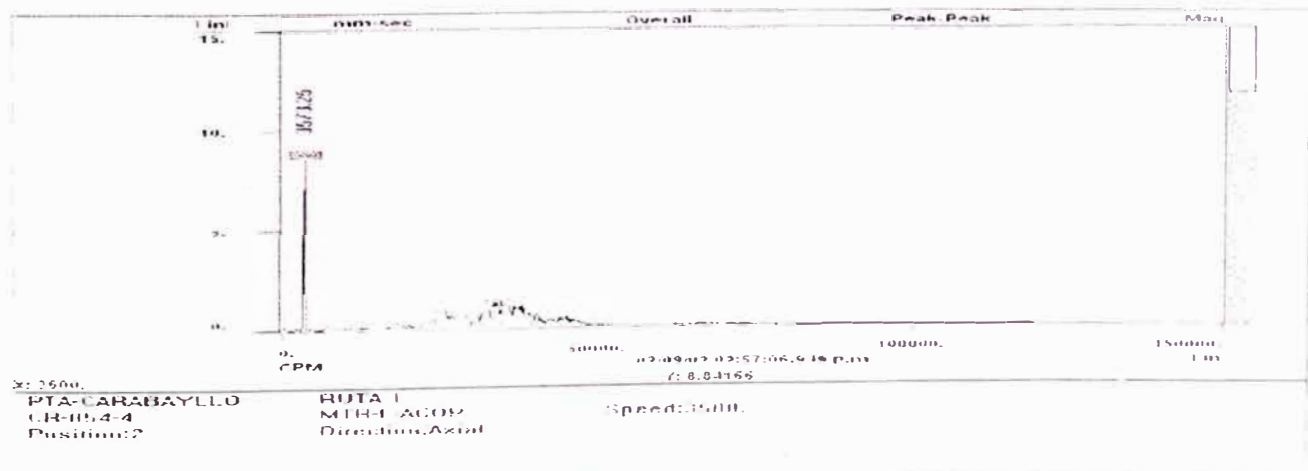
Realizar el seguimiento de análisis de vibraciones al equipo.

CONCLUSIÓN: Estado del equipo "REGULAR"

AMPLITUDES TOTALES DEL EQUIPO CR- 054 - 4

CR-054-4	Position	Direction	Units	Filter	Value	Date/Time
MTR-L-POST	1	Horizontal	gSE	5kHz gSE	0.0922	02/09/02 02:56 p.m
MTR-L-POST	1	Horizontal	mm/sec	Overall	9.96	02/09/02 02:56 p.m
MTR-L-POST	1	Vertical	mm/sec	Overall	11	02/09/02 02:56 p.m
MTR-L-ACOP	2	Axial	mm/sec	Overall	12.2	02/09/02 02:57 p.m
MTR-L-ACOP	2	Horizontal	gSE	5kHz gSE	0.0423	02/09/02 02:56 p.m
MTR-L-ACOP	2	Horizontal	mm/sec	Overall	5.49	02/09/02 02:56 p.m
MTR-L-ACOP	2	Vertical	mm/sec	Overall	5.9	02/09/02 02:56 p.m
BOM-L-ACOP	3	Axial	mm/sec	Overall	5.64	02/09/02 02:57 p.m
BOM-L-ACOP	3	Horizontal	gSE	5kHz gSE	0.147	02/09/02 02:57 p.m
BOM-L-ACOP	3	Horizontal	mm/sec	Overall	2.38	02/09/02 02:57 p.m
BOM-L-ACOP	3	Vertical	mm/sec	Overall	2.52	02/09/02 02:57 p.m
BOM-L-IMP	4	Horizontal	gSE	5kHz gSE	0.264	10/01/02 10:39 a.m
BOM-L-IMP	4	Horizontal	mm/sec	Overall	5.37	10/01/02 10:39 a.m
BOM-L-IMP	4	Vertical	mm/sec	Overall	6.12	02/09/02 02:58 p.m

ESPECTRO DEL PUNTO CON LA MAYOR AMPLITUD DE VIBRACIÓN.



INFORME No. 104 – M-Pd.

A : ING. CARLOS PAREDES CASTAÑEDA
JEFE EOME – ZONAL NORTE. SEDAPAL.

DE : CUADRILLA DE MANTTO PREDICTIVO

ASUNTO : INFORME DE ANÁLISIS VIBRACIONAL DEL – CR-054 – EQUIPO 05 - ESTACION PLANTA CARABAYLLO

FECHA : 04/09/02

Por medio del presente se le informa el estado vibracional del equipo de la estación de rebombeo en funcionamiento.

RESULTADOS

Según el análisis vibracional efectuado en este equipo, nos da como resultado, que este se encuentra dentro de las condiciones normales de operación según ISO 2372, se adjuntan en este informe las amplitudes totales y el espectro, donde se verifica los niveles de vibración según las tomas realizadas en cada fecha.

RECOMENDACIONES:

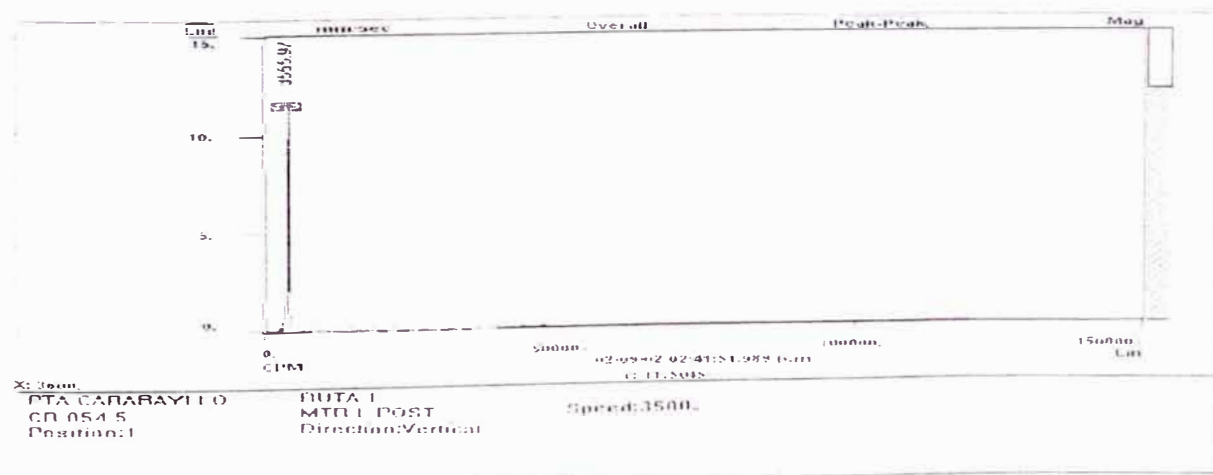
Realizar el seguimiento de análisis de vibraciones al equipo.

CONCLUSIÓN: Estado del equipo "REGULAR"

AMPLITUDES TOTALES DEL EQUIPO CR- 054 - 5

CR-054.5	Position	Direction	Units	Filter	Value	Date/Time
MTR-L-POST	1	Horizontal	Gse	5kHz gSE	0.0653	02/09/02 02:41 p.m
MTR-L-POST	1	Horizontal	mm/sec	Overall	3.39	02/09/02 02:41 p.m
MTR-L-POST	1	Vertical	mm/sec	Overall	12.4	02/09/02 02:41 p.m
MTR-L-ACOP	2	Axial	mm/sec	Overall	4.98	02/09/02 02:42 p.m
MTR-L-ACOP	2	Horizontal	GSE	5kHz gSE	0.0594	02/09/02 02:42 p.m
MTR-L-ACOP	2	Horizontal	mm/sec	Overall	4.04	02/09/02 02:42 p.m
MTR-L-ACOP	2	Vertical	mm/sec	Overall	8.13	02/09/02 02:42 p.m
BOM-L-ACOP	3	Axial	mm/sec	Overall	3.74	02/09/02 02:42 p.m
BOM-L-ACOP	3	Horizontal	GSE	5kHz gSE	0.128	10/01/02 10:48 a.m
BOM-L-ACOP	3	Horizontal	mm/sec	Overall	8.17	10/01/02 10:48 a.m
BOM-L-ACOP	3	Vertical	mm/sec	Overall	3.16	02/09/02 02:42 p.m
BOM-L-IMP	4	Horizontal	GSE	5kHz gSE	0.17	10/01/02 10:49 a.m
BOM-L-IMP	4	Horizontal	mm/sec	Overall	9.38	10/01/02 10:49 a.m

ESPECTRO DEL PUNTO CON LA MAYOR AMPLITUD DE VIBRACIÓN.



INFORME No. 104 – M-Pd.

A : ING. CARLOS PAREDES CASTAÑEDA
JEFE EOME – ZONAL NORTE. SEDAPAL.

DE : CUADRILLA DE MANTTO. PREDICTIVO

ASUNTO : INFORME DE ANÁLISIS VIBRACIONAL DEL – CR-054 – EQUIPO 06 - ESTACION
PLANTA CARABAYLLO

FECHA : 04/09/02

Por medio del presente se le informa el estado vibracional del equipo de la estación de rebombeo en funcionamiento.

RESULTADOS

Según el análisis vibracional efectuado en este equipo, nos da como resultado, que este se encuentra con fallas de desalineamiento, se adjuntan en este informe las amplitudes totales y el espectro, donde se verifica los niveles de vibración según las tomas realizadas en cada fecha.

RECOMENDACIONES:

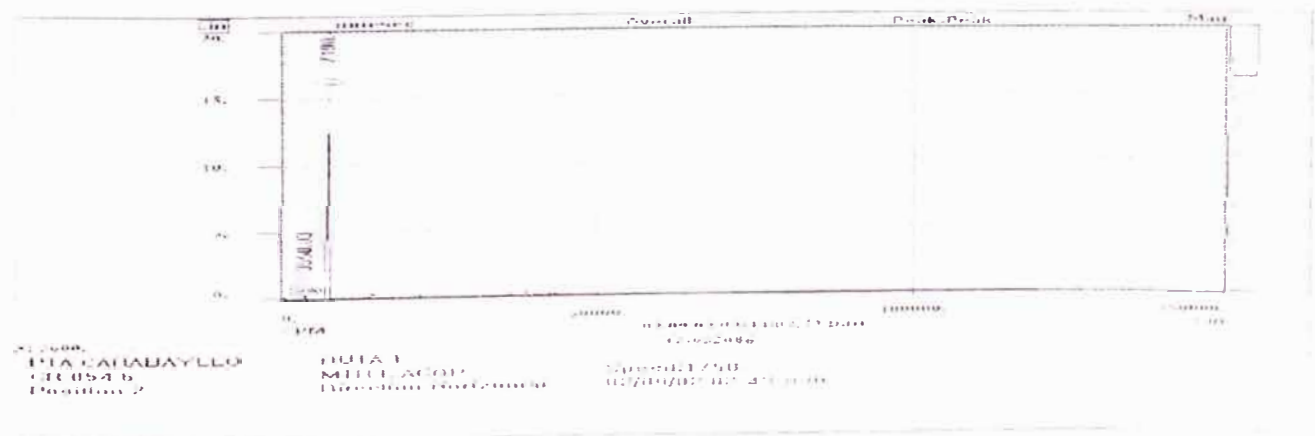
Realizar el alineamiento del equipo.

CONCLUSIÓN: Estado del equipo "CRITICO"

AMPLITUDES TOTALES DEL EQUIPO CR- 0-54-6

CR-054-6	Position	Direction	Units	Filter	Value	Date/Time
MTR-L-POST	1	Horizontal	gSE	5kHz gSE	0.0578	02/09/02 02:43 p.m
MTR-L-POST	1	Horizontal	mm/sec	Overall	12.4	02/09/02 02:43 p.m
MTR-L-POST	1	Vertical	mm/sec	Overall	3.64	02/09/02 02:43 p.m
MTR-L-ACOP	2	Axial	mm/sec	Overall	6.44	02/09/02 02:44 p.m
MTR-L-ACOP	2	Horizontal	gSE	5kHz gSE	0.095	02/09/02 02:44 p.m
MTR-L-ACOP	2	Horizontal	mm/sec	Overall	16.4	02/09/02 02:44 p.m
MTR-L-ACOP	2	Vertical	mm/sec	Overall	3.1	02/09/02 02:44 p.m
BOM-L-ACOP	3	Axial	mm/sec	Overall	3.27	10/01/02 10:42 a.m
BOM-L-ACOP	3	Horizontal	gSE	5kHz gSE	0.247	02/09/02 02:45 p.m
BOM-L-ACOP	3	Horizontal	mm/sec	Overall	1.97	02/09/02 02:44 p.m
BOM-L-ACOP	3	Vertical	mm/sec	Overall	2.13	02/09/02 02:45 p.m
BOM-L-IMP	4	Horizontal	gSE	5kHz gSE	0.159	10/01/02 10:42 a.m
BOM-L-IMP	4	Horizontal	mm/sec	Overall	2.86	10/01/02 10:42 a.m

ESPECTRO DEL PUNTO CON LA MAYOR AMPLITUD DE VIBRACIÓN.



INFORME No. 104 – M-Pd.

A : ING. CARLOS PAREDES CASTAÑEDA
JEFE EOME – ZONAL NORTE. SEDAPAL.

DE : CUADRILLA DE MANTTO. PREDICTIVO

ASUNTO : INFORME DE ANÁLISIS VIBRACIONAL DEL – CR-054 – EQUIPO 07 - ESTACION PLANTA CARABAYLLO

FECHA : 04/09/02

Por medio del presente se le informa el estado vibracional del equipo de la estación de bombeo en funcionamiento.

RESULTADOS

Según el análisis vibracional efectuado en este equipo, nos da como resultado, que este se encuentra dentro de las condiciones normales de operación según ISO 2372, se adjuntan en este informe las amplitudes totales y el espectro, donde se verifica los niveles de vibración según las tomas realizadas en cada fecha.

RECOMENDACIONES:

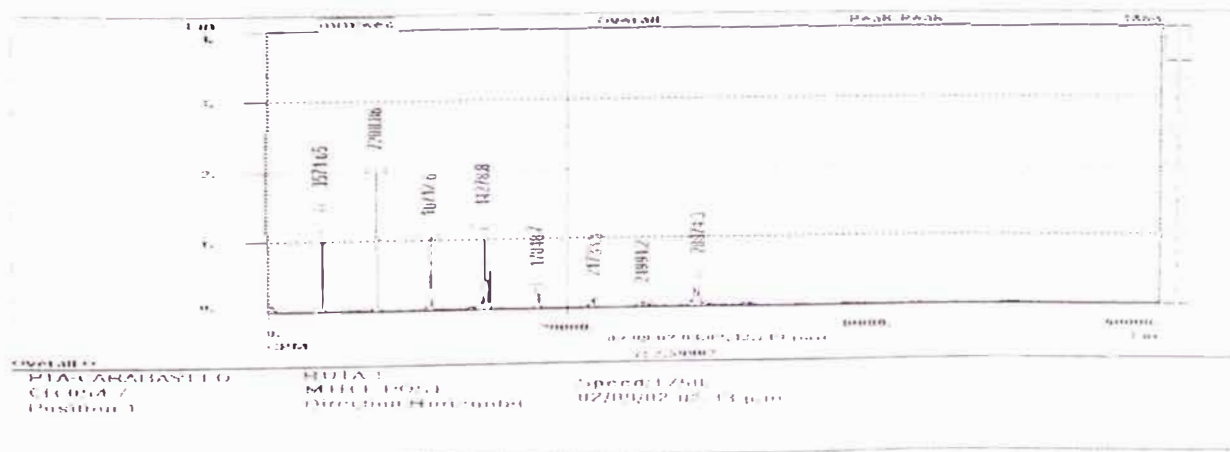
Realizar el seguimiento de análisis de vibraciones al equipo.

CONCLUSIÓN: Estado del equipo "REGULAR"

AMPLITUDES TOTALES DEL EQUIPO CR-054-7

CR-054-7	Position	Direction	Units	Filter	Value	Date/Time
MTR-L-POST	1	Horizontal	gSE	5kHz gSE	0.033	02/09/02 03:02 p.m
MTR-L-POST	1	Horizontal	mm/sec	Overall	3.43	02/09/02 03:02 p.m
MTR-L-POST	1	Vertical	mm/sec	Overall	2.34	02/09/02 03:03 p.m
MTR-L-ACOP	2	Axial	mm/sec	Overall	3.43	02/09/02 03:03 p.m
MTR-L-ACOP	2	Horizontal	gSE	5kHz gSE	0.036	02/09/02 03:03 p.m
MTR-L-ACOP	2	Horizontal	mm/sec	Overall	4.71	02/09/02 03:03 p.m
MTR-L-ACOP	2	Vertical	mm/sec	Overall	3.44	02/09/02 03:03 p.m
BOM-L-ACOP	3	Axial	mm/sec	Overall	3.9	02/09/02 03:04 p.m
BOM-L-ACOP	3	Horizontal	gSE	5kHz gSE	0.0315	02/09/02 03:04 p.m
BOM-L-ACOP	3	Horizontal	mm/sec	Overall	3.81	02/09/02 03:04 p.m
BOM-L-ACOP	3	Vertical	mm/sec	Overall	3.5	02/09/02 03:04 p.m
BOM-L-IMP	4	Horizontal	gSE	5kHz gSE	0.0334	29/09/01 09:46 a.m
BOM-L-IMP	4	Horizontal	mm/sec	Overall	3.05	29/09/01 09:46 a.m

ESPECTRO DEL PUNTO CON LA MAYOR AMPLITUD DE VIBRACIÓN.



INFORME No. 104 – M-Pd.

A : ING. CARLOS PAREDES CASTAÑEDA
JEFE EOME – ZONAL NORTE. SEDAPAL.

DE : CUADRILLA DE MANTTO. PREDICTIVO

ASUNTO : INFORME DE ANÁLISIS VIBRACIONAL DEL – CR-054 – EQUIPO 08 - ESTACION PLANTA CARABAYLLO

FECHA : 04/09/02

Por medio del presente se le informa el estado vibracional del equipo de la estación de rebombeo en funcionamiento.

RESULTADOS

Según el análisis vibracional efectuado en este equipo, nos da como resultado, que este se encuentra dentro de las condiciones normales de operación según ISO 2372, se adjuntan en este informe las amplitudes totales y el espectro, donde se verifica los niveles de vibración según las tomas realizadas en cada fecha.

RECOMENDACIONES:

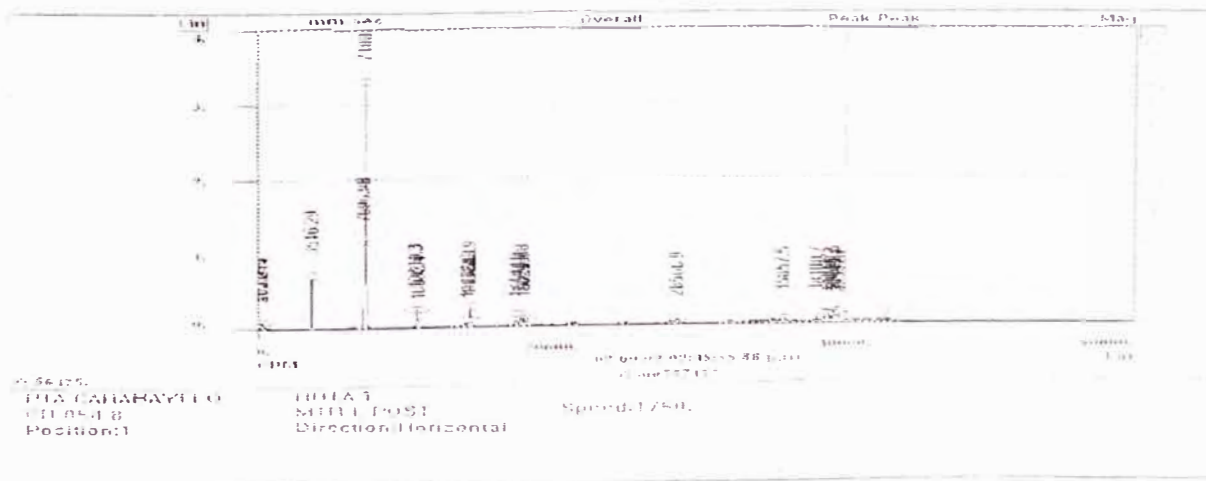
Realizar el seguimiento de análisis de vibraciones al equipo.

CONCLUSIÓN: Estado del equipo "REGULAR"

AMPLITUDES TOTALES DEL EQUIPO CR-054-8

CR-054-8	Position	Direction	Units	Filter	Value	Date/Time
MTR-L-POST	1	Horizontal	gSE	5kHz gSE	0.0455	02/09/02 02:46 p.m
MTR-L-POST	1	Horizontal	mm/sec	Overall	3.92	02/09/02 02:46 p.m
MTR-L-POST	1	Vertical	mm/sec	Overall	2.42	02/09/02 02:46 p.m
MTR-L-ACOP	2	Axial	mm/sec	Overall	1.24	10/01/02 11:11 a.m
MTR-L-ACOP	2	Horizontal	gSE	5kHz gSE	0.0638	02/09/02 02:46 p.m
MTR-L-ACOP	2	Horizontal	mm/sec	Overall	2.31	02/09/02 02:46 p.m
MTR-L-ACOP	2	Vertical	mm/sec	Overall	2.59	02/09/02 02:46 p.m
BOM-L-ACOP	3	Axial	mm/sec	Overall	2.35	02/09/02 02:47 p.m
BOM-L-ACOP	3	Horizontal	gSE	5kHz gSE	0.1102	02/09/02 02:47 p.m
BOM-L-ACOP	3	Horizontal	mm/sec	Overall	3.75	02/09/02 02:47 p.m
BOM-L-ACOP	3	Vertical	mm/sec	Overall	1.39	02/09/02 02:47 p.m
BOM-L-IMP	4	Horizontal	gSE	5kHz gSE	0.1104	10/01/02 11:12 a.m
BOM-L-IMP	4	Horizontal	mm/sec	Overall	1.09	10/01/02 11:12 a.m

ESPECTRO DEL PUNTO CON LA MAYOR AMPLITUD DE VIBRACIÓN





INFORME No. 108 – M – Pd.

A : ING. CARLOS PAREDES CA TAÑEDA
JEFE EOME – ZONAL NORTE. SEDAPAL.

DE : CUADRILLA DE MANTTO. PREDICTIVO

ASUNTO : **INFORME DE CORRECCION DE FALLAS POR DESALINEAMIENTO EN LAS SIGUIENTES ESTACIONES CR-014, CR-040 Y CR-077**

FECHA : 14/09/02

Por medio del presente se le informa la corrección de fallas por desalineamiento efectuados en los siguientes equipos por estación.

La corrección del desalineamiento en estos equipos se ha realizado mediante el Software de alineamiento computarizado ESAYALIGNMENT y accesorios, comprobando las amplitudes de vibración mediante el analizador de vibraciones dataPAC 1250.

Se adjunta al informe las hojas de reporte de datos de cómo se encontró el equipo reportado por fallas de desalineamiento y también la hoja de datos de cómo se deja después de haber realizado el alineamiento computarizado.

EQUIPOS ALINEADOS

ITEM	ESTACION	No EQUIPO
1	CR-077	EQUIPO 1
2	CR-040	EQUIPO 2
3	CR-014	EQUIPO 1

Atentamente.

Mantto. Predictivo

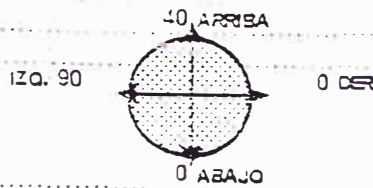
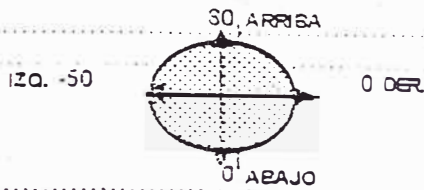
FORMA DE COMO INGRESAR DATOS PARA UN BUEN ALINEAMIENTO

NOTA: MIRAR SIEMPRE DE LA MAQUINA FIJA.

TOMA DE DATOS ANTES DE HABER REALIZADO EL ALINEAMIENTO EN EL EQUIPO CR-077-1

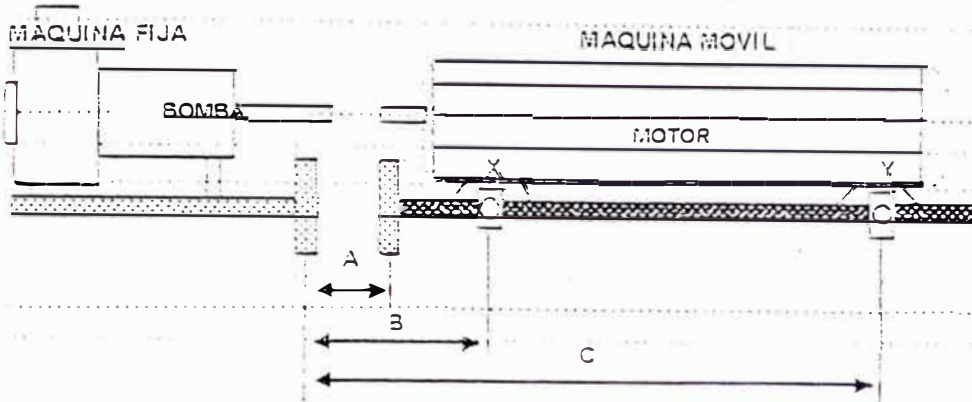
DIAL EN EL COPLE FIJO

DIAL EN EL COPLE MOVIL



VERTICAL

HORIZONTAL



A= 8 CM

B= 28 CM

C= 53 CM

RESULTADOS DEL ALINEAMIENTO VERTICAL

APOYO X= 170 SI EL SIGNO ES (+) QUITAR LAINAS

APOYO Y= 357.5 SI EL SIGNO ES (-) AGREGAR LAINAS

RESULTADOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

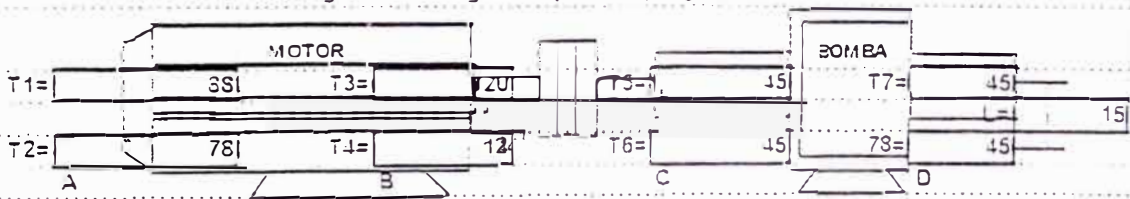
QUE > SIEMPRE MIRANDO DESDE LA MAQUINA FIJA

APOYO X= 95 SI EL SIGNO ES (+) MOVER HACIA LA DERECHA

APOYO Y= 157.5 SI EL SIGNO ES (-) MOVER HACIA LA HIZQUIERDA

DILATACION DE LOS APOYOS DE LOS EQUIPOS

T= En grados centigrados y L= en pulgadas



CALCULO DE DILATACIONES DE BASES PARA DIVERSOS MATERIALES

Medidas en milésimas de pulgadas

APOYO	ALUMINIO	FERRO FND	ACERO
A=	3.31	1.74	1.68
B=	-1.32	-0.69	-0.67
C=	0.00	0.00	0.00

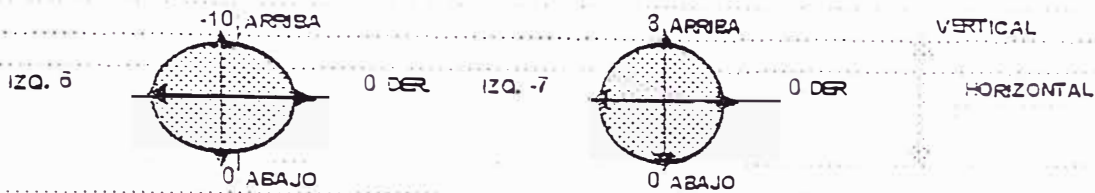
FORMA DE COMO INGRESAR DATOS PARA UN BUEN ALINEAMIENTO

NOTA: MIRAR SIEMPRE DE LA MAQUINA FIJA.

TOMA DE DATOS DESPUES DE HABER REALIZADO EL ALINEAMIENTO EN EL EQUIPO CR-077-1

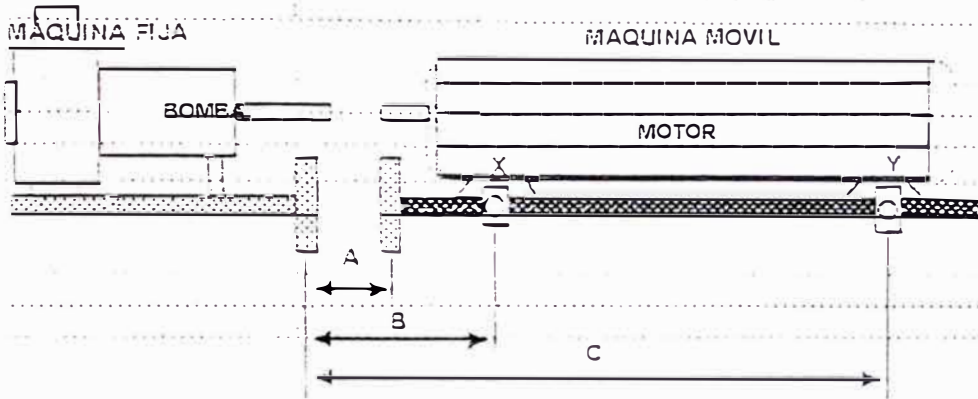
DIAL EN EL COPLER FIJO

DIAL EN EL COPLER MOVIL



VERTICAL

HORIZONTAL



- A= 3 CM
- B= 28 CM
- C= 53 CM

RESULTADOS DEL ALINEAMIENTO VERTICAL

- APOYO X= 1.5 SI EL SIGNO ES (+) QUITAR LAINAS
- APOYO Y= -1.625 SI EL SIGNO ES (-) AGREGAR LAINAS

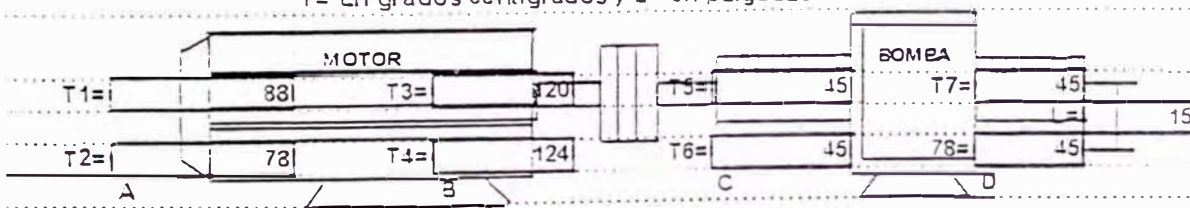
RESULTADOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

QUE < SIEMPRE MIRANDO DESDE LA MAQUINA FIJA

- APOYO X= -4.75 SI EL SIGNO ES (+) MOVER HACIA LA DERECHA
- APOYO Y= -6.3125 SI EL SIGNO ES (-) MOVER HACIA LA HIZQUIERDA

DILATACION DE LOS APOYOS DE LOS EQUIPOS

T= En grados centigrados y L= en pulgadas



CALCULO DE DILATACIONES DE BASES PARA DIVERSOS MATERIALES

Medidas en milésimas de pulgadas

APOYO	ALUMINIO	FERRO FND	ACERO
A=	3.31	1.74	1.68
B=	-1.32	-0.69	-0.67
C=	0.00	0.00	0.00

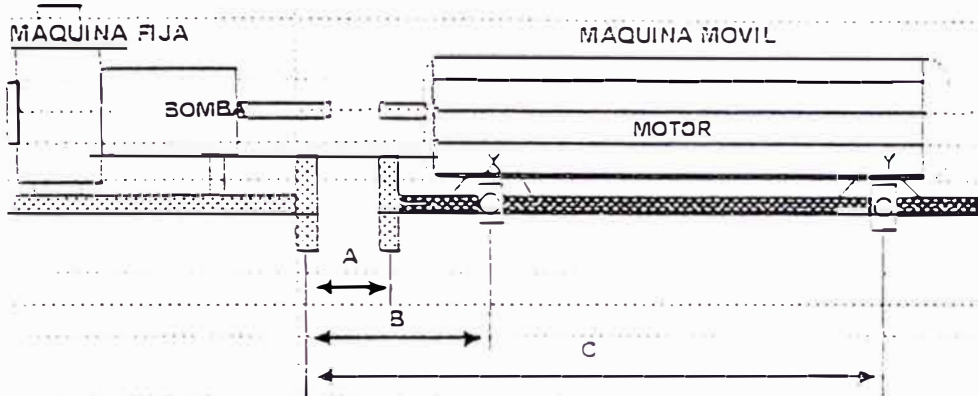
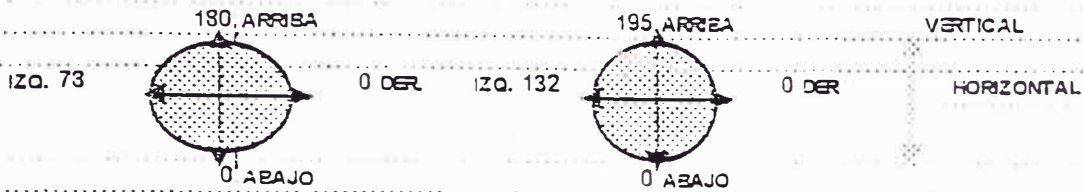
FORMA DE CÓMO INGRESAR DATOS PARA UN BUEN ALINEAMIENTO

NOTA. MIRAR SIEMPRE DE LA MAQUINA FIJA.

TOMA DE DATOS ANTES DE HABER REALIZADO EL ALINEAMIENTO EN EL EQUIPO CR-040-2

DIAL EN EL COPLE FIJO

DIAL EN EL COPLE MOVIL



- A= 10 CM
- B= 30 CM
- C= 54 CM

RESULTADOS DEL ALINEAMIENTO VERTICAL

- APOYO X= 472.5 SI EL SIGNO ES (+) QUITAR LAINAS
- APOYO Y= 922.5 SI EL SIGNO ES (-) AGREGAR LAINAS

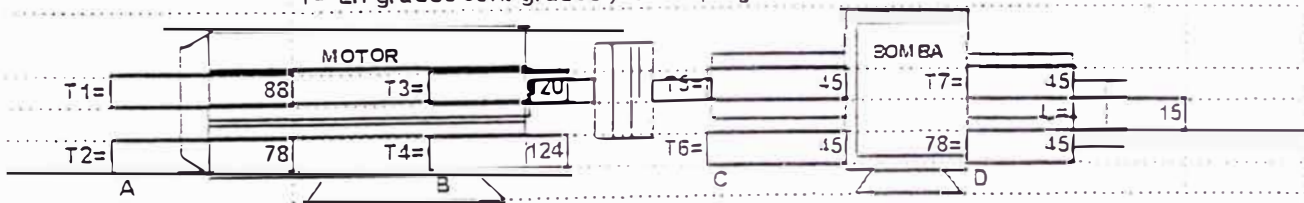
RESULTADOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

OJO < SIEMPRE MIRANDO DESDE LA MAQUINA FIJA

- APOYO X= 276 SI EL SIGNO ES (+) MOVER HACIA LA DERECHA
- APOYO Y= 528 SI EL SIGNO ES (-) MOVER HACIA LA IZQUIERDA

DILATACION DE LOS APOYOS DE LOS EQUIPOS

T= En grados centigrados y L= en pulgadas



CALCULO DE DILATACIONES DE BASES PARA DIVERSOS MATERIALES

Medidas en milésimas de pulgadas

APOYO	ALUMINIC	FERRO FND	ACERO
A=	3.31	1.74	1.68
B=	-1.32	-0.69	-0.67
C=	0.00	0.00	0.00

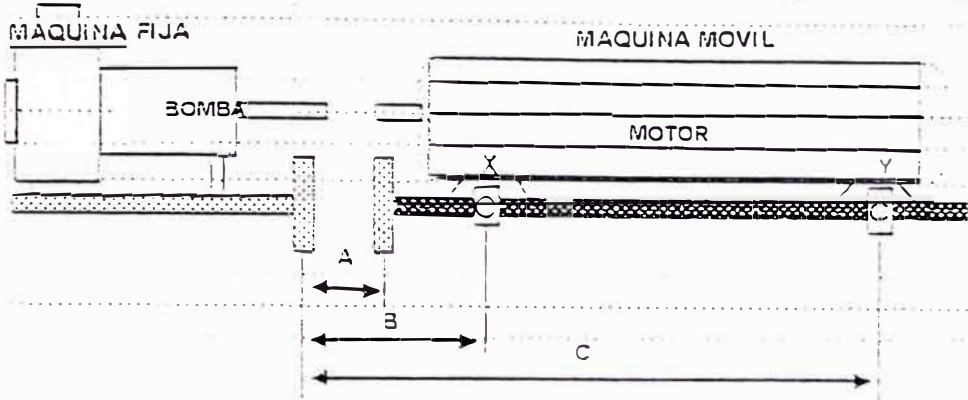
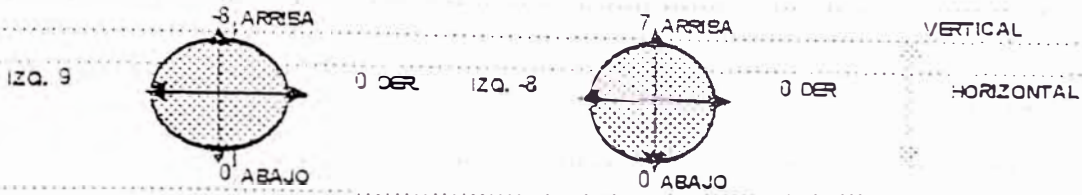
FORMA DE COMO INGRESAR DATOS PARA UN BUEN ALINEAMIENTO

NOTA. MIRAR SIEMPRE DE LA MAQUINA FIJA.

TOMA DE DATOS DESPUES DE HABER REALIZADO EL ALINEAMIENTO EN EL EQUIPO CR-040-2

DIAL EN EL COPLER FIJO

DIAL EN EL COPLER MOVIL



A= 10 CM

B= 30 CM

C= 54 CM

RESULTADOS DEL ALINEAMIENTO VERTICAL

ΔPCYO X= 2.5 SI EL SIGNO ES (+) QUITAR LAINAS

ΔPOYO Y= 1.3 SI EL SIGNO ES (-) AGREGAR LAINAS

RESULTADOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

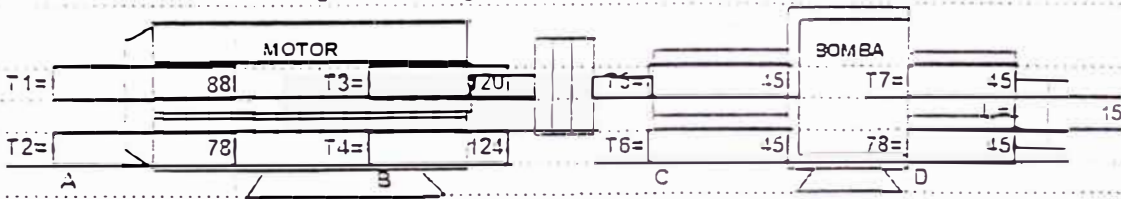
DUO < SIEMPRE MIRANDO DESDE LA MAQUINA FIJA

ΔPCYO X= -3 SI EL SIGNO ES (+) MOVER HACIA LA DERECHA

ΔPOYO Y= -1.8 SI EL SIGNO ES (-) MOVER HACIA LA HIZQUIERDA

DILATACION DE LOS APOYOS DE LOS EQUIPOS

T= En grados centigrados y L= en pulgadas



CALCULO DE DILATACIONES DE BASES PARA DIVERSOS MATERIALES

Medidas en milésimas de pulgadas

ΔPOYO	ALUMINIO	FERRO FND	ACERO
A=	3.31	1.74	1.68
B=	-1.32	-0.69	-0.67
C=	0.00	0.00	0.00

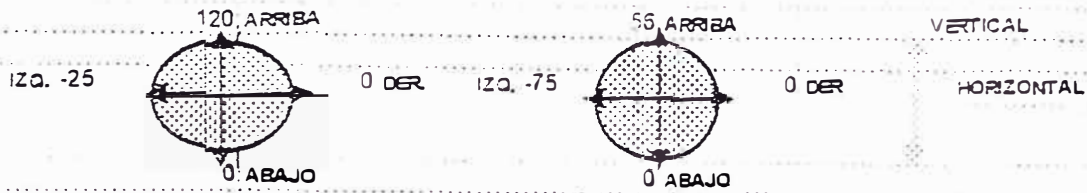
FORMA DE CÓMO INGRESAR DATOS PARA UN BUEN ALINEAMIENTO

NOTA. MIRAR SIEMPRE DE LA MAQUINA FIJA.

TOMA DE DATOS ANTES DE HABER REALIZADO EL ALINEAMIENTO EN EL EQUIPO CR-014-1

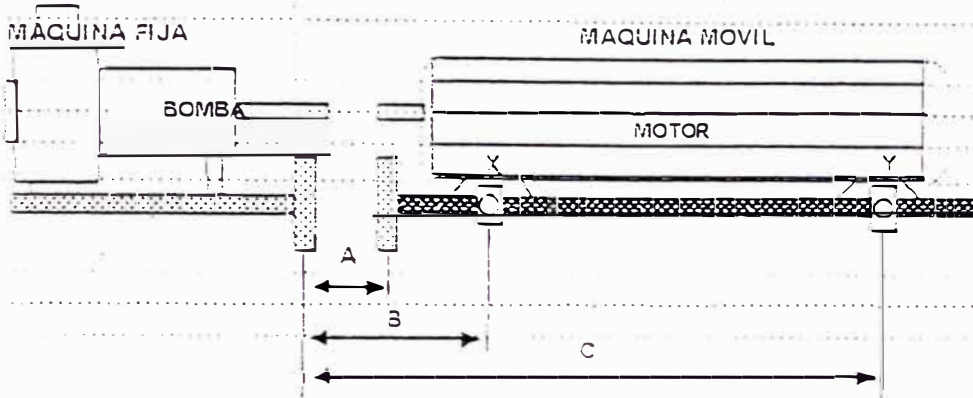
DIAL EN EL COPLE FIJO

DIAL EN EL COPLE MOVIL



VERTICAL

HORIZONTAL



- A= 10 CM
- B= 34 CM
- C= 58 CM

RESULTADOS DEL ALINEAMIENTO VERTICAL

- APOYO X= 239.2 SI EL SIGNO ES (+) QUITAR LAINAS
- APOYO Y= 450.4 SI EL SIGNO ES (-) AGREGAR LAINAS

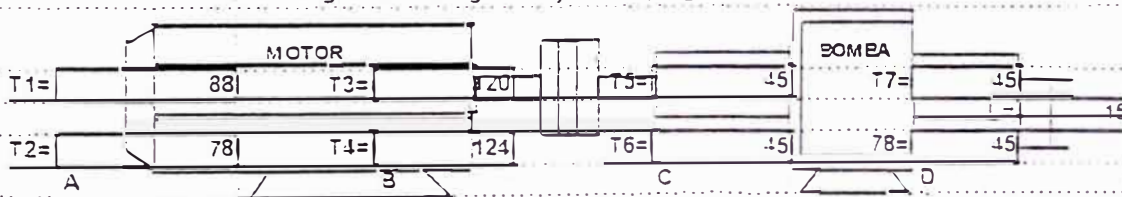
RESULTADOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

OJO < SIEMPRE MIRANDO DESDE LA MAQUINA FIJA

- APOYO X= -157.5 SI EL SIGNO ES (+) MOVER HACIA LA DERECHA
- APOYO Y= -277.5 SI EL SIGNO ES (-) MOVER HACIA LA HIZQUIERDA

DILATACION DE LOS APOYOS DE LOS EQUIPOS

T= En grados centigrados y L= en pulgadas



CALCULO DE DILATACIONES DE BASES PARA DIVERSOS MATERIALES

Medidas en milésimas de pulgadas

APOYO	ALUMINIO	FERRO FND	ACERO
A=	3.31	1.74	1.68
B=	-1.32	-0.69	-0.67
C=	0.00	0.00	0.00

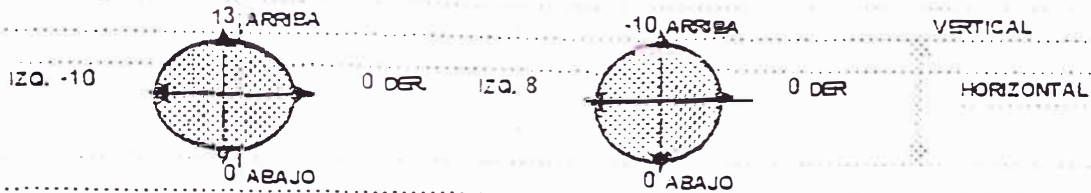
FORMA DE COMO INGRESAR DATOS PARA UN BUEN ALINEAMIENTO

NOTA: MIRAR SIEMPRE DE LA MAQUINA FIJA.

TOMA DE DATOS DESPUES DE HABER REALIZADO EL ALINEAMIENTO EN EL EQUIPO CR-014-1

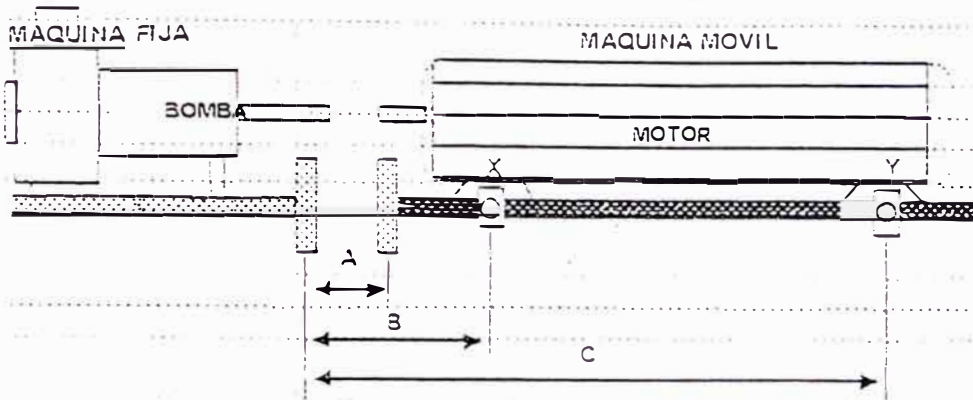
DIAL EN EL COPLÉ FIJO

DIAL EN EL COPLÉ MOVIL



VERTICAL

HORIZONTAL



- A= 10 CM
- B= 24 CM
- C= 58 CM

RESULTADOS DEL ALINEAMIENTO VERTICAL

- APOYO X= -1.4 SI EL SIGNO ES (+) QUITAR LAINAS
- APOYO Y= 2.2 SI EL SIGNO ES (-) AGREGAR LAINAS

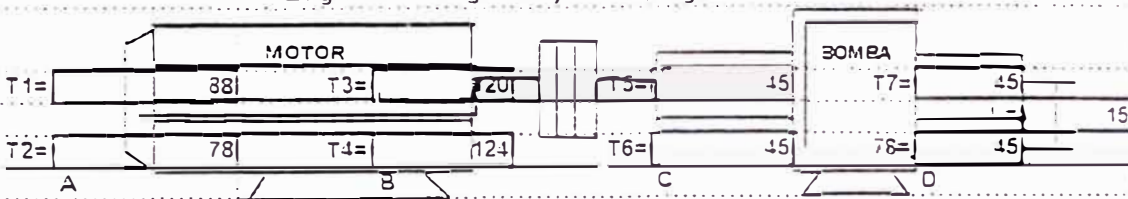
RESULTADOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

CUO < SIEMPRE MIRANDO DESDE LA MAQUINA FIJA

- APOYO X= 1.6 SI EL SIGNO ES (+) MOVER HACIA LA DERECHA
- APOYO Y= -0.8 SI EL SIGNO ES (-) MOVER HACIA LA HIZQUIERDA

DILATACION DE LOS APOYOS DE LOS EQUIPOS

T= En grados centigrados y L= en pulgadas



CALCULO DE DILATACIONES DE BASES PARA DIVERSOS MATERIALES

Medidas en milésimas de pulgadas

APOYO	ALUMINIO	FERRO FND	ACERO
A=	3.31	1.74	1.68
B=	-1.32	-0.69	-0.67
C=	0.00	0.00	0.00

APENDICE D

PUNTOS DE MEDICIÓN DE VIBRACIONES

- D.1 BOMBA TURBINA VERTICAL
- D.2 BOMBA SUMERGIBLE
- D.3 BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL
- D.4 ELECTROBOMBA

D.1 BOMBA TURVINA VERTICAL

Page No. 2

07/04/2003 11:01 a.m

LAST MAGNITUDE MEASUREMENT REPORT

Location	Position	Direction	Units	Filter
POZOS CALLAO P-556				
MTR-OB-HORIZ		1 Horizontal	g's	200Hz gSE
MTR-OB-HORIZ		1 Horizontal	mm/sec	Overall
MTR-OB-VERT		1 Vertical	mm/sec	Overall
MTR-IB-AXIAL		2 Axial	mm/sec	Overall
MTR-IB-HORIZ		2 Horizontal	gSE	200Hz gSE
MTR-IB-HORIZ		2 Horizontal	mm/sec	Overall
MTR-IB-VERT		2 Vertical	mm/sec	Overall

D.2 BOMBA SUMERGIBLE

Page No. 2

07/04/2003 11:01 a.m

LAST MAGNITUDE MEASUREMENT REPORT

Location	Position	Direction	Units	Filter
POZOS CALLAO P-555				
MTR-OB-HORIZ		1 Horizontal	g's	200Hz gSE
MTR-OB-HORIZ		1 Horizontal	mm/sec	Overall
MTR-OB-VERT		1 Vertical	mm/sec	Overall

D.3 BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL

Page No. 1

07/04/2003 10:58 a.m

LAST MAGNITUDE MEASUREMENT REPORT

Location	Position	Direction	Units	Filter
RUTA 4				
CR-038-1				
MTR-OB-HORIZ	1	Horizontal	g's	200Hz gSE
MTR-OB-HORIZ	1	Horizontal	mm/sec	Overall
MTR-OB-VERT	1	Vertical	mm/sec	Overall
MTR-IB-AXIAL	2	Axial	mm/sec	Overall
MTR-IB-HORIZ	2	Horizontal	gSE	200Hz gSE
MTR-IB-HORIZ	2	Horizontal	mm/sec	Overall
MTR-IB-VERT	2	Vertical	mm/sec	Overall
PUMP-IB-HORIZ	3	Horizontal	gSE	200Hz gSE
PUMP-IB-HORIZ	3	Horizontal	mm/sec	Overall
PUMP-IB-VERT	3	Vertical	mm/sec	Overall
PUMP-OB-HORIZ	4	Horizontal	gSE	200Hz gSE
PUMP-OB-HORIZ	4	Horizontal	mm/sec	Overall
RUTA 4				
CR-038-2				
MTR-OB-HORIZ	1	Horizontal	g's	200Hz gSE
MTR-OB-HORIZ	1	Horizontal	mm/sec	Overall
MTR-OB-VERT	1	Vertical	mm/sec	Overall
MTR-IB-AXIAL	2	Axial	mm/sec	Overall
MTR-IB-HORIZ	2	Horizontal	gSE	200Hz gSE
MTR-IB-HORIZ	2	Horizontal	mm/sec	Overall
MTR-IB-VERT	2	Vertical	mm/sec	Overall
PUMP-IB-HORIZ	3	Horizontal	gSE	200Hz gSE
PUMP-IB-HORIZ	3	Horizontal	mm/sec	Overall
PUMP-IB-VERT	3	Vertical	mm/sec	Overall
PUMP-OB-HORIZ	4	Horizontal	gSE	200Hz gSE
PUMP-OB-HORIZ	4	Horizontal	mm/sec	Overall

D.4 ELECTROBOMBA

Page No. 9

07/04/2003 11:02 a.m

LAST MAGNITUDE MEASUREMENT REPORT

Location	Position	Direction	Units	Filter
RUTA 3				
CR-242-1				
MTR-OB-HORIZ		1 Horizontal	g's	200Hz gSE
MTR-OB-HORIZ		1 Horizontal	mm/sec	Overall
MTR-OB-VERT		1 Vertical	mm/sec	Overall
MTR-IB-AXIAL		2 Axial	mm/sec	Overall
MTR-IB-HORIZ		2 Horizontal	gSE	200Hz gSE
MTR-IB-HORIZ		2 Horizontal	mm/sec	Overall
MTR-IB-VERT		2 Vertical	mm/sec	Overall
RUTA 3				
CR-242-2				
MTR-OB-HORIZ		1 Horizontal	g's	200Hz gSE
MTR-OB-HORIZ		1 Horizontal	mm/sec	Overall
MTR-OB-VERT		1 Vertical	mm/sec	Overall
MTR-IB-AXIAL		2 Axial	mm/sec	Overall
MTR-IB-HORIZ		2 Horizontal	gSE	200Hz gSE
MTR-IB-HORIZ		2 Horizontal	mm/sec	Overall
MTR-IB-VERT		2 Vertical	mm/sec	Overall

APÉNDICE E

INFORMACIÓN TÉCNICA DEL dataTAPAC 1250

Y COTIZACIÓN DE VENTA

DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS

dataPAC 1500

#00324 dataPAC 1500 DATA COLLECTOR/ ANALYZER

Incluye accesorios standard unidad (1) de c/u.:

#37133, Cargado por de Bateria.

#36432, Tarjeta de Memoria PCMCIA de 2 Mb.

#39810, Maletín para acarreo de instrumento y accesorios.

#39534, Correa para colgar el dataPAC.

#37432, Kit de comunicación (3 cables / adaptador RS232)

#38939, Funda de Instrumento.

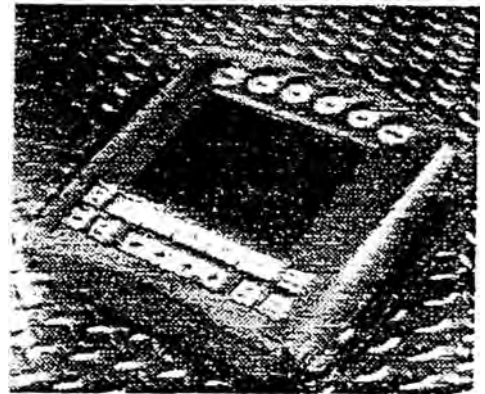
#37173, Bateria de Ni-Cadmio (Qty =2)

#39436, Manual de Operador

El dataPAC 1500, es un COLECTOR/ANALIZADOR/BALANCEADOR de ENTEK IRD, basado en la exitosa plataforma PEGASOS(Electrónica utilizada en productos Hewitt-Packard).

Características:

- Analizador en tiempo real.
- Procesamiento digital a 32Bit. De señales digital (DSP)
- Pantalla Plana VGA de 133 x 102 mm, de cristal liquido LCD. ambiente del tipo Windows.
- Alta Resolución de 640 x 480. pixels
- Protección Clasificación: Intrínsecamente Seguro. IP54
- Medición directa (Desplazamiento, Velocidad, Aceleración)
- Medición del tipo Spike Energy. (Detección en fallas tales como: defectos en las superficies de los rodamientos y engranajes, rozamiento, impactos y contactos entre metal y metal, fugas de vapor, cavitación causada por turbulencias)
- Rango de alta frecuencia y zoom verdadera hasta 12,800 líneas.
- Análisis de las Frecuencias Naturales.
- Memoria de datos; historial, tendencias.
- Balanceo. En 2 planos.
- Traslado de la base de datos en Tarjetas PCMCIA
- Visualización de las Ondas y El espectro en una sola pantalla.
- Zoom Verdadero
- Alta Resolución en los extremos de las bandas anchas, ayudando a separar los efectos de las frecuencias cerradas.
- Frecuencia Min. : 0.1 CPM
- Lecturas de: Velocidades Críticas (Wc), Resonancias y Velocidades de carga.
- Instrumento portátil, liviano (2.3Kg)



Software EMONITOR Odyssey Classic

1 #43681, Software EMONITOR ODYSSEY (ESPAÑOL)
versión Clasico con Accesorios Standard

Incluye:

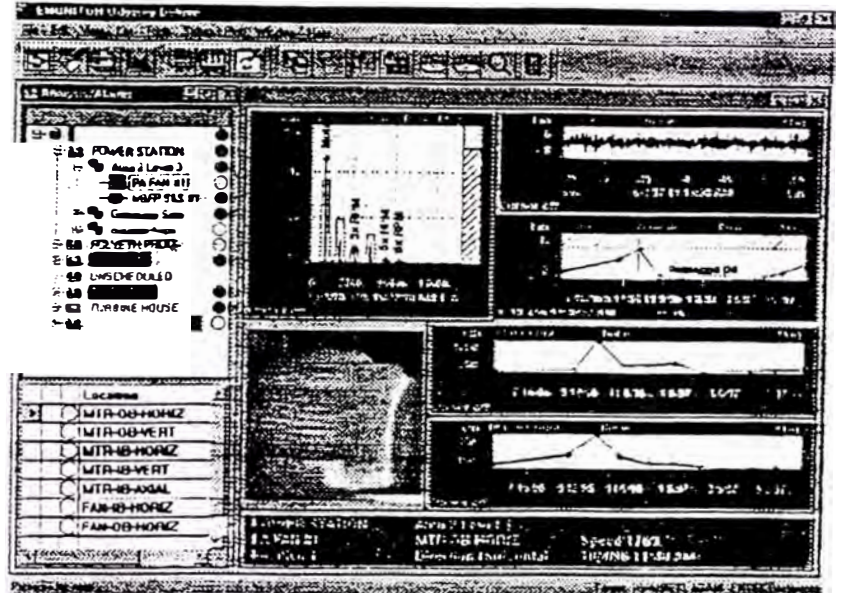
CD con Software, Llave de seguridad, Manuales

Base de datos de Server

SQL Centura Incluidos en el software.

El Software EMONITOR ODYSSEY de ENTEK IRD, avanzado sistema de software de vigilancia de estado que funciona con Windows de The Microsoft. Cumple con las normas del ANSI y que permite al usuario informar, analizar, trazar e intercambiar datos con otros programas.

La tecnología "intuitiva" de apuntar y hacer click se adapta a su ritmo natural de trabajo y al mismo modo a su tiempo, le proporciona la seguridad y la calidad que usted espera obtener en el competitivo mercado actual.



Características

- Arquitectura del sistema STAND ALONE.
- Desarrollo Enfocado en Microsoft
- Diseño Windows.32 bit - Windows NT, Windows 98, Windows 95
- Soporte de Servidores Múltiples – ORACLE, CENTURA y SYBASE
- Diseño de Base de Datos Abierta cumple los requerimientos para formato MIMOSA
- Diseñado para Implementación de Enlaces DCS/CMMMS
- CUA (Common User Access) Compliant
- Objetos ActiveX Data
- Implementación ODBC
- Compatibilidad con otras aplicaciones para realizar reportes (WORD), análisis detallado (EXCEL) o presentaciones (PowerPoint)

Funciones

- **Rutas.-** Arbol de Jerarquía Gráfica con arrastre y pegar. Permite crear fácilmente las Rutas, diferenciando los niveles, por colores e iconos predeterminados. La función arrastre y pegada permite copiar rutas anteriores y pegarlas a rutas nuevas por crear, reduciendo significativamente el tiempo de crearlas manualmente.
- **Gráficos X-Y.-** Permite visualizar tendencias de la base de datos importada de las formas: Vibración, Mediciones Operativas (voltajes eléctricos, etc).

- **Gráfico: Polares.**- Datos en Magnitud y Fase con región y alarma. Utilizado para aplicaciones de Balanceo, Alineamiento. Permite ubicar problemas de desfaseamiento, diferenciar velocidad v/s aceleración, desbalance mecánico v/s problemas eléctricos.
- **Zoom Verdadero.**- Herramientas de comparación rápida. Ampliación de las coordenadas de Frecuencias o Medición, visualizando de esta manera problemas de altas frecuencias o mediciones de rango bajo.
- **Cascadas.**- Comparación Rápida y detección de fallas. En 2 formas presentables. De tipo Cascada o solamente del tipo Puntual, mejorando tremendamente el análisis con respecto al tiempo, en el momento de la medición. Utilizada también para hacer análisis de Arranque y Parada de maquinas.
- **Historial y Tendencias.**- Tendencias de frecuencias de una sola medición.

•

S

- **Tomas de Vibracion-Vertical-Horizontal-Axial.**- La información de las tomas Horizontal-Vertical-Axial puede ser vista en forma completa y en una sola pantalla.
- **Diagnostico rapido.**- Inmediato, visualizando los multiples de las revoluciones a las cuales pueden estar presentandose probables de (Desbalance, rodamiento, desalineamiento, fallas).
- **Toda la informacion en una sola pantalla.**- Ud. Puede visualizar todas las bondades del EMONITOR en una sola pantalla: Espectros, Rutas, Mediciones, Historial, Alarmas, etc.

Requerimientos Minimo de PC.:
Pentium II, , 200Mhz, 64 RAM.
Windows 95, 98 o NT.
Drive 5 ¼ in.
CD ROM 32 X.

Accesorios

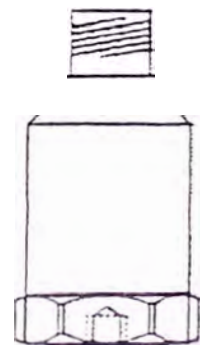
3 1 #44064 MODEL 9500LF LOW FREQUENCY ACCELEROMETER KIT

Incluye un (1) de c/u:

- # 43796 Acelerometro 9500LF
- # 36960 Cable enrollado 1.8 m
- # 24746 Soporte Magnético

Sensor para mediciones de baja Frecuencia desde 18 a 72000 CPM.
Caractensticas:

- Alta sensibilidad
- Alimentacion requerida : 15 vdc.
- Filtro de aliminador de altas frecuencias.
- Sellado hermetico.
- Proteccion ESD.
- Conexion de 2 pines.
- Rango de temperatura: -50 a 120 °C.



1 #44065 MODEL 9700A HIGH FREQUENCY ACCELEROMETER KIT

Incluye un (1) de c/u:

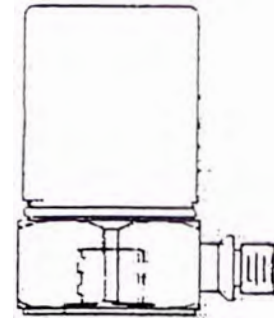
#43799 Acelerometro 9700A

35579 Cable enrollado

Sensor para lecturas de alta frecuencias y **Speak Energy**. Hasta 900,000 CPM.

Características:

- Alta sensibilidad.
- Alimentacion requerida : 15 vdc.
- Sellado hermetico.
- Conexion de 2 pines.
- Rango de temperatura: -50 a 120 °C.



#44063 MODEL 9000A GENERAL PURPOSE ACCELEROMETER KIT

Incluye un (1) de c/u:

43783 Acelerometro 9000A

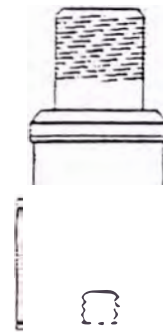
36960 Cable enrollado 1.8 m

24746 Soporte Magnético

Sensor para mediciones de uso Se esta suministrando 2 sensores, por ser requiendo para el balanceo en 2 planos.

Características:

- Alta sensibilidad.
- Alimentacion requerida : 15 vdc.
- Sellado hermetico.,Proteccion ESD.
- Conexion de 2 pines.
- Rango de temperatura: -50 a 120 °C.



#39466, Kit LEMO de Balanceo en dos planos.

Incluye un (1) de c/u:

#39467, Adaptador Y de dataPAC 1500 a 2 LEMO.

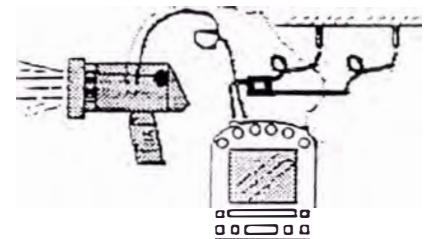
#37135, Cable de extensión de 25 ft de LEMO a LEMO

Llave para software de balanceo en 2 planos

NOTA :

Para balancear se necesitan

- 2 acelerómetros 9000A
- 1 Luz Estroboscópica



Item Qty Codigo Descncpcion Precio Total USD\$

7 1 #39169, **Kit de LUZ ESTROBOSCOPICA.....** \$ 975.00

para Balanceo (240 V)

Incluye un (1) de c/u:

#37798, Estroboscopio

#37865, Funda para acarreo

#39826, Cable de estroboscopio a dataPAC

#39626, Software de Balanceo en 1 plano.

1 #44799 , **Kit de ENTACH LASER TACHOMETER.....** \$ 679.00

para Balanceo(230 V)

Incluye un (1) de c/u:

#44791, Fototacómetro ENTACH

#44792, Adaptador para RPM y medicion Lineal

44793 Cable de interconexion.

44794 Tripo de de montaje.

44796 Cubierta de plastico.

44797 Manual de Instrucciones.

44795 AAA Battery (Qty = 4)

37956 Cinta Reflectiva (10 pies)

1 #37431 **TRANSDUCTOR INFRAROJO DE TEMPERATURA.** \$ 420.00

Inlcuye Cable.

Rango: 0 - 500 ° F

GRAN TOTAL FOB – USA. \$ 32,229.00



OFERTA VENTA DIRECTA DE IMPORTACION

Item Qty Codigo Descrpcion

Precio Total USD\$

dataPAC 1500

1 1 #00324 dataPAC 1500 DATA COLLECTOR/ ANALYZER..... \$ 13,995.00
 Incluye accesorios standard unidad (1) de c/u.:
 #37133, Cargado por de Bateria.
 #36432, Tarjeta de Memora PCMCIA de 2 Mb.
 #39810, Maletin para acarreo de instrumento y accesorios.
 #39534, Correa para colgar el dataPAC.
 #37432, Kit de comunicaci3n (3 cables / adaptador RS232)
 #38939, Funda de Instrumento.
 #37173, Bateria de Ni-Cadmio (Qty =2)
 #39436, Manual de Operador

Software EMONITOR Odyssey Classic

2 1 #43681, Software EMONITOR ODYSSEY (ESPAÑOL).....\$ 12,500.00
 versi3n Clasico con Accesorios Standard
 Incluye:
 CD con Software, Llave de seguridad, Manuales
 Base de datos de Server
 SQL Centura Incluidos en el software.

Accesorios

3 1 #44064 MODEL 9500LF LOW FREQUENCY..... \$ 700.00
 ACCELEROMETER KIT
 Incluye un (1) de c/u:
 # 43796 Acelerometro 9500LF
 # 36960 Cable enrolado 1.8 m
 # 24746 Soporte Magn3tico

4 1 #44065 MODEL 9700A HIGH FREQUENCY..... \$ 425.00
 ACCELEROMETER KIT
 Incluye un (1) de c/u:
 #43799 Acelerometro 9700A
 # 35579 Cable enrolado

5 2 #44063 MODEL 9000A GENERAL PURPOSE.....\$ 1,050.00
 ACCELEROMETER KIT
 Incluye un (1) de c/u:
 # 43783 Acelerometro 9000A
 # 36960 Cable enrolado 1.8 m
 # 24746 Soporte Magn3tico

6 1 #39466, Kit LEMO de Balanceo en dos planos.....\$1,485.00
 Incluye un (1) de c/u:
 #39467, Adaptador Y de dataPAC 1500 a 2 LEMO.
 #37135, Cable de extensi3n de 25 ft de LEMO a LEMO
 Llave para software de balanceo en 2 planos



Venta Directa de Importación

Total FOB USA Columbus.....	USD\$ 32,229.00
Estimado Flete Aéreo y Gastos hasta CFR-Callao.....	USD\$ 316.00
Peso approx 35 kg.	
Total estimado CFR-Callao	USD\$ 32,545.00

ENTREGA: Estimado 6-8 semanas después de haber sido aceptada la Orden de Compra en Fábrica.

TERMINOS DE PAGO: Carta de Crédito Irrevocable y Confirmada .

MONEDA: Dolares Americanos

ORDEN
A NOMBRE DE:

ENTEK IRD INTERNATIONAL
6150 Juntley Road
Columbus
USA

VALIDEZ DE LA OFERTA: 30 Dias.

APÉNDICE F

CONSIDERACIONES GENERALES

CONCURSO PÚBLICO No 057-2000-LOG

**“PRESTACIÓN DE SERVICIOS PARA LA EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES
DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE EQUIPOS
ELECTROMECAÑICOS DE ESTACIONES DE BOMBEO DE LA
GERENCIA DE SERVICIOS NORTE”**

PRESTACION DE SERVICIOS PARA LA EJECUCION DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE LAS INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE LA GERENCIA DE SERVICIOS NORTEZ.

CONSIDERACION S GENERALES

MATERIALES Y SUMINISTROS

El CONTRATISTA garantiza a SEDAPAL que los materiales y suministros que utilice en la ejecución de los trabajos serán de primera calidad y que correspondan a los señalados en su oferta (Indicar marca y procedencia en la oferta); obligándose de requerirlo SEDAPAL a proporcionar el Certificado de Calidad del lote de producción expedido por Organismo competente, autorizado por INDECOPI, y se obliga a reemplazar los materiales y/o corregir los trabajos que resulten defectuosos, a más de los perjuicios económicos que serán asumidos por EL CONTRATISTA, debiendo informar de las medidas tomadas para corregir tal defecto dentro de las 24 horas de haber sido notificado.

De producirse o ser necesario el cambio de algún material o suministro, EL CONTRATISTA deberá efectuar la entrega o devolución del material cambiado, adjuntando el informe que detalle y sustente las razones del cambio, bajo responsabilidad y aceptación expresa de SEDAPAL.

Así mismo, SEDAPAL no valorizará partidas donde se incluya material y/o suministros que hayan sido cambiados sin cumplir las formalidades establecidas en el párrafo anterior.

NOTA : En caso en que se requiera por emergencia un material que no este contemplado en las bases, se valoriza de acuerdo a los precios pactados en coordinación con nuestra supervisión, que serán los vigentes del mercado, adjuntando a la orden de trabajo copia de la factura correspondiente

2 MAQUINARIAS. EQUIPO. MOVILIDAD Y HERRAMIENTAS

El CONTRATISTA contará obligatoriamente la totalidad de Maquinaria, Equipos, Movilidad y Herramientas mínimo por Area de Servicios que a continuación se detallan. Las Maquinarias, Equipos y movilidad podrán ser propios o alquilados o promesa de alquiler o compra. El CONTRATISTA debe garantizar el buen estado de funcionamiento de las maquinarias y equipos

MAQUINARIAS Y EQUIPOS MINIMOS PARA EL AREA DE SERVICIOS

- o Torno de 3.00 m de bancada
- o Taladro de columna
- o Soldadura oxiacetilénica
- o Soldadura Eléctrica
- o Equipo de arenado (compresora)
- o Grúa de 18 Tn. Telescópica y autooropulsada como mínimo
- o 04 Compresoras portátiles de 50 – 150 PSI, con sus respectivas pistoias para pintar y pulverizar
- o 02 Aspiradoras Portátiles de 1500 Watts
- o Tecie Eléctrico ó Polipasto mínimo de 05 Tn.

MOVILIDAD

UNIDADES DE TRANSPORTE MINIMO PARA EL AREA DE SERVICIOS:

El CONTRATISTA deberá asegurar el cumplimiento de la Carga de Trabajo establecida en las presentes Bases con la oportunidad y calidad debida, para lo cual se proveera del transporte que crea necesario, siendo este como mínimo el siguiente:

- Una (1) camioneta Pick-up doble cabina con radio, asignada a SEDAPAL para supervisión 48 horas semana debiendo incluirse chofer y combustible para la misma. Su costo deberá ser considerado en la Actividad VIII.
- Cuatro (4) camionetas Pick-up doble cabina con radio para mantenimiento de pozos y Cámaras de Bombeo, con sus respectivos choferes. Sus costos deberán incluirse en los precios unitarios por actividad

CONCURSO PUBLICO N° -2000-LOG

Una (1) camioneta Pick-up doble cabina con radio, para la ejecución de actividades de mantenimiento Predictivo 48 horas/semana, debiendo incluirse chofer y combustible para la misma. Su costo deberá ser considerado en la cuadrilla de mantenimiento Predictivo de la Actividad VIII.

Una (1) camioneta Pick-up doble cabina con radio para atención de emergencias 10 horas/día de Lunes a Domingo, con su respectivo chofer y combustible. Su costo deberá ser considerado en la cuadrilla de Emergencia de la Actividad VIII.

- Una (1) camioneta Pick-up doble cabina con radio para Ing. Residente de EL CONTRATISTA. Su costo deberá ser considerado en los Gastos Generales.

EQUIPO DE COMUNICACIÓN Y MEDICIÓN MINIMO PARA EL AREA DE SERVICIOS:

Diez (10) Radios móviles inalámbricos y digital tipo NEXTELL, distribuidos de la siguiente manera:

Base Central	01
Ing. Residente	01
Cuadrilla de Mantto. Predictivo	01
Cuadrillas de Mantenimiento	04
Cuadrilla de Emergencia	01
Supervisión SEDAPAL	02

Con la finalidad de asegurar una comunicación completa y efectiva en el servicio, el postor proporcionará dos (02) teléfonos celulares, con línea, tipo NEXTELL, asignados al Jefe del Equipo Operación y Mantenimiento electromecánico y a un Especialista del Area.

HERRAMIENTAS MINIMAS PARA EL AREA DE SERVICIOS:

El postor deberá tener en cuenta que para realizar el mantenimiento mecánico y eléctrico deberá contar en la convocatoria con las siguientes herramientas, las cuales han sido distribuidas por cuadrillas

A) Mantenimiento Predictivo:

Megometro

Tacómetro digital

Termómetro industrial digital (0 a 315 °C)

Analizador de redes Trifásico (que registre lecturas de tensión corriente (de 0 1000 Amperios), potencia (activa, aparente y reactiva), factor de potencia, Frecuencia y armónicos)

Vibrometro con su respectiva entrada automática o manual de datos por medio de un detector de estado (pluma o pulsador), que incluya un ordenador pequeño para recopilar, almacenar y revisar la información. Con sus respectivas interfaces de conexión rápida, y su Software de administración y análisis de datos de inspección.

Lap Top (Microcomputador Pentium II Portátil), con su respectiva interfase de comunicación entre automática (PLC) y CPU, modelo TSXPCU1030

Multitester Digital (Para medir resistencia de transistores en MEGAHOMIOS)

Alicate de electricista para 10000 V

Alicate de Punta

Alicate de presión

Destornillador Plano

Destornillador Estrella

Par de Guantes para electricista para 10000

Martillo de boia

B) Electricidad – Motores

Pinza Amperimétrica

Alicate de electricista para 10000 V

Juego de Llaves mixtas Milimétricas 4 a 25 mm

Juego de Llaves Mixtas pulgadas 1/8" a 1"

Juego de Llaves Allen Milimétricas de 4 a 25 mm

Juego de Llaves Allen pulgadas 1/8" a 1"

Juego de Destornilladores Plano de 6" a 12"

CONCURSO PUBLICO N° -2000-LOG

Juego de Destornilladores Estrella de 6" a 12"
 Destornillador Perillero
 Juego de dados milimetricos 4 a 25 mm
 Juego de dados pulgadas 1/8" a 1 7/16"
 Arco de sierra
 Cuchilla para electricista
 Par de Guantes para electricista para 10000 V
 Juego de Brocas para fierro 7/16" a 1"
 Juego de macho pulgadas 3/16" - 1/2"
 Juego de macho milimétricos 6 - 16 mm
 Taladro de mano 1/2"
 Compresora de hasta 150 PSI Con su pistola para pintar y pulverizar
 Aspiradora industrial de 1500 watts
 Martillo de bola
 Una par de Resistencia eléctrica para el secado de los motores de 1000 Watts
 Juego de extractor de rodaje de 3 puntas
 Esmeril de mano
 Juego de llaves stilson 8" - 10" - 12" - 18"
 Megometro
 Juego de llave francesa 8" - 10" - 12"
 Juego de llave stilson 8" - 12" - 18"

C) Pozos y rebombeo (un Juego por Cuadrilla)

Juego de Llave Francesa 8" - 10" - 12"
 Juego de Llave Stilson 3" - 10" - 12" - 18"
 Juego tarraja para perno 1/4" a 1"
 Juego tarraja para tubo 3/8" a 1"
 Alicata Mecanico
 Martillo bola
 Esmeril de mano
 Alicata de presión
 Juego de macho 7/16" a 1 1/4"
 Juego de llaves mixtas en pulgadas 1/8" a 1"
 Juego de Llaves Allen pulgadas 1/8" a 1"
 Juego de Destornilladores Plano de 6" a 12"
 Juego de Destornilladores Estrella de 6" a 12"
 Juego de dados milimetricos 4 a 25 mm
 Juego de dados pulgadas 1/8" a 1 7/16"
 Arco de sierra
 Juego de Brocas para fierro 7/16" a 1"
 Tres Llaves Cadenas de 8"
 Tres Llaves Cadenas de 6"

D) Mantenimiento Sistema de Cloración

Alicata Mecánico
 Martillo bola
 Alicata de presión
 Juego de llaves mixtas en pulgadas 1/8" a 1"
 Juego de Llaves Allen pulgadas 1/8" a 1"
 Juego de Desarmadores Plano de 6" a 12"
 Juego de Desarmadores Estrella de 6" a 12"
 Juego de dados milimetricos 4 a 25 mm
 Juego de dados pulgadas 1/8" a 1 7/16"
 Arco de sierra
 Juego de Brocas para fierro 7/16" a 1"
 Martillo de Goma
 Compresora de 100 PSI con pistola para pintar y pulverizar

CONCURSO PUBLICO N° -2000-LOG

- Mascara con canister
- Pinza Amperimetrica
- Megometro
- Comparador digital de cloro
- Taladro de mano.
- Llave francesa de 8" y 10"

3. INDUMENTARIA E IMPLEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

El Contratista proveerá obligatoriamente y asume la responsabilidad de la utilización de los implementos de protección personal y dispositivos de seguridad que permitan a sus trabajadores realizar sus labores debidamente protegidos en función a la actividad que estos desarrollen, debiendo ser dichos implementos de buena calidad.

El Contratista entregará a todo el personal que preste el servicio, la indumentaria necesaria que le permita desarrollar las actividades obligatoria, permanente y correctamente uniformados.

- Camisa y pantalón comando tipo SEDAPAL
- Casaca azul de nylon impermeable, puño de lana y acolchado tipo SEDAPAL
- Botines con punta de acero para mecánicos y de cloración
- Botines para 10000 V. especiales para electricistas
- Casco protector
- Par de guantes de cuero para los mecánicos y de cloración
- Par de guantes de jebe para 10000 V. para los Electricistas

Estos uniformes y elementos de protección personal y seguridad industrial (NUEVOS) deberán ser presentados al inicio del Servicio.

SEDAPAL podrá ordenar si el caso requiere, el cambio de uniforme y/o elemento de protección personal que por deterioro proyecte mala imagen en el público usuario.

4. TRANSPORTE Y COMUNICACIONES

La ejecución de las actividades requiere una adecuada programación y coordinación y el correspondiente apoyo logístico, debiendo contar con facilidades de transporte y sistema de comunicaciones que aseguren el cumplimiento de los trabajos encomendados.

Los vehículos que aporte el Contratista para el servicio, deberá ser camionetas doble cabina, del año 1996 en adelante, debiendo estar dotados cada uno de ellos con su correspondiente equipo de comunicación, y el logotipo de SEDAPAL y en menores caracteres el de la firma contratista, en ambas puertas laterales. La oferta incluye el costo del chofer, combustible, lubricantes y Radio móvil inalámbrico. Todos los choferes deberán contar con sus respectivos uniformes y fotocheck de identificación.

Los vehículos que sean asignados al Servicio en mención deberán tener permanentemente una presentación impecable, ya sea en su apariencia, como en la totalidad de los accesorios. (llanta de repuesto, herramientas básicas, linterna, llave de ruedas, gata, equipo contra incendio, etc.) sin que tenga que faltarle alguno. El color de las unidades debe ser blanco.

El sistema de radio comunicación deberá ser inalámbrico, tal que nos permita que varias personas o grupos se comuniquen de manera automática sin que la comunicación de unos interrumpa con la de otros, brindando así una comunicación privada y simultánea. Este sistema de radio-comunicación deberá poder ser integrada al sistema centralizado de SEDAPAL.

INGENIERO RESIDENTE

El Contratista asignará obligatoriamente un Ingeniero Mecánico y/o Electricista colegiado como Ing. Residente con experiencia demostrada en administración, manejo de personal y actividades de mantenimiento de equipos.

CONCURSO PUBLICO N° -2000-LOG

electromecánicos (mínimo 05 años), con conocimientos en sistema informático, en ambiente Windows, el mismo que se encargará de realizar las coordinaciones y supervisión general de las actividades contratadas. Su costo será cargado a los Gastos Generales.

El profesional mencionado en el párrafo anterior, será asignado por el Contratista en forma exclusiva para estas labores, quedando sujeto a sanciones y/o penalidad en caso de incumplimiento.

TECNICOS ESPECIALIZADOS

El Contratista deberá asegurar el cumplimiento de la Carga de Trabajo establecida en las presentes Bases, con la oportunidad y calidad debida, para lo cual se proveerá del personal que crea necesario, para el cumplimiento del servicio.

De acuerdo a la experiencia que tiene SEDAPAL en la realización de las actividades materia del presente concurso público de precios, se estima que el Contratista debe asignar como mínimo cuatro (04) técnicos especializados y un (01) Operario especializado, que tengan como mínimo cinco (05) años de experiencia en la rama solicitada, distribuidos de la siguiente manera:

- 01 Técnico Mecánico especialista en Montaje y Desmontaje de Equipos de Bombeo y accesorios hidráulicos.
- 01 Técnico Mecánico especialista en reparación de Equipos de Bombeo.
- 01 Operario especializado en Equipos de Cloración.
- 01 Técnico Electricista especialista en Tableros Eléctricos de arranque de Estado sólido y PLC
- 01 Técnico Especialista en Motores eléctricos.

Sin embargo se hace notar que queda a criterio del postor la determinación del número de técnicos especializados que asigne para la prestación del servicio, en forma eficiente y oportuna.

Los técnicos mencionados en el párrafo anterior deberán ser debidamente acreditados con estudios en un Instituto Superior o similar y serán asignados por el Contratista en forma exclusiva para estas labores quedando sujeto a sanciones y/o penalidades en caso de incumplimiento.

PERSONAL MINIMO PARA ATENCION DE EMERGENCIAS

La atención de las emergencias será de responsabilidad total del Contratista, debiendo prever la cantidad de personas necesarias para cubrir dichas actividades.

Se deberá considerar, como mínimo, un (01) Técnico Especialista en la especialidad de electricidad y un (01) Operario especializado en la especialidad de mecánica, los cuales atenderán las actividades de Emergencia y permanecerán con la unidad destinada para tal fin bajo la responsabilidad del Contratista, en un horario mínimo de 10 horas/día de Lunes a Domingo. EL CONTRATISTA le proveerá todas las herramientas, materiales y/o instrumentos de medición que se requieran para efectuar sus labores. El costo deberá considerar al Técnico Especialista, al Operario, Movilidad y la depreciación de las herramientas y/o instrumentos de medición y serán cargadas en la actividad VIII.

EJECUCION DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Se deberá considerar un (01) Ingeniero Mecánico y/o Electricista ó aún, colegiado o Bachiller con experiencia demostrada de dos (02) en desarrollo e implementación de actividades de mantenimiento predictivo, con conocimiento en Administración y programas de mantenimiento, y un (01) Operario asignados a SEDAPAL. EL CONTRATISTA le proveerá todas las herramientas e instrumentos de medición que se requieran para efectuar sus labores (computadora portátil, termómetro, vibrometro, megometro, pinza amperimétrica, herramientas, etc.), y permanecerá con la unidad destinada para tal fin en el lugar que determine SEDAPAL. El costo deberá considerar al Ingeniero, Operario, movilidad y la depreciación de las herramientas e instrumentos de medición, por 45 horas semanales y serán cargados a la actividad VIII.

9. RADIO OPERADOR

El Contratista deberá asegurar la comunicación permanente en su centro Base, para lo cual debe contar con dos radio-operadores, los mismos que laborarán de Lunes a Domingo en dos turnos, considerando cada turno de 6 horas al día. El costo de estos radio-operadores deberán considerarse en gastos generales.

La labor de los radio-operadores deberá ser de forma exclusiva, la que será evaluada constantemente por el Inspector de SEDAPAL.

10. IDENTIFICACION DEL CONTRATISTA

Los vehículos, la indumentaria, equipos y señales que emplee el Contratista en la ejecución de sus actividades, deberá exhibir obligatoriamente el logotipo de SEDAPAL y en menores caracteres el de la firma Contratista.

11. SEÑALIZACION

Para la seguridad vehicular y peatonal EL CONTRATISTA deberá cumplir con la Cartilla de Señalización de SEDAPAL donde contiene los siguientes elementos:

- Banderines
- Machones "Hombres Trabajando",
- Cintas señalizados
- Tranqueras "Peligro Obras"
- Mecheros, etc.

Los cuales deberán ser adecuadamente colocados en forma muy visible en cada uno de los lugares donde se ejecutarán los trabajos. Cualquier situación que origine daños o accidentes ocasionada por ausencia y descuidos en la protección señalada, será de responsabilidad EL CONTRATISTA y se aplicarán las penalidades respectivas.

12. CENTRO DE OPERACIONES

El Contratista debe obligatoriamente instalar su Centro de Operaciones en el ámbito jurisdiccional de la Gerencia de Servicios Norte.

Dicho local deberá estar implementado de manera tal que le permita brindar una eficiente prestación del servicio, debiendo contar con ambientes administrativos, ambiente para el radio-operador, depósitos, baños, vestuarios para su personal y demás servicios, todo construido con material noble.

Estos serán inspeccionados al inicio de las operaciones y en forma permanente.

El costo del local, su mantenimiento y seguridad deben ser cargados a gastos generales.

13. ORGANIZACION Y REMUNERACIONES

El Contratista necesaria y obligatoriamente debe tener una organización que garantice el cumplimiento de sus actividades en forma plena y eficiente durante la vigencia de la contratación.

Es importante precisar que la Remuneración y las leyes y beneficios sociales que abonará a su personal, no deben ser inferiores a la considerada en su oferta económica.

14. PROCEDIMIENTO PARA LA EJECUCION DE LAS ACTIVIDADES

La programación del mantenimiento preventivo será emitida y autorizada por el Equipo de Mantenimiento Electromecánico. Estas ordenes serán por escrito, de acuerdo a la Carga de Trabajo y el Programa de Mantenimiento Preventivo y será emitida en forma mensual o trimestral en función al tipo de actividad que se ejecuta.

Los mantenimientos correctivos, serán dados a través de la orden de trabajo y por escrito. En caso la orden de trabajo haya sido otorgada vía radial o telefónica dentro de las siguientes 24 horas, deberá SEDAPAL consumir la orden impartida por escrito, suscrita por la persona responsable y autorizada por el Equipo de Mantenimiento Electromecánico o quien haga sus veces.

SEDAPAL dentro de las siguientes 48 horas de suscrito el Contrato, acreditará a las personas autorizadas para otorgar las ordenes de trabajo.

Las ordenes de trabajo emitidas por SEDAPAL conforme se describe en párrafos anteriores, serán recibidas por el Contratista y/o las personas autorizadas que a editará por escrito ante el Equipo de Mantenimiento Electromecánico Norte dentro de las siguientes 48 horas de suscrito el Contrato.

El Contratista reportará diaria y obligatoriamente las labores realizadas por cada Orden de Trabajo recibida con el detalle que estime necesario.

Dentro de los siguientes treinta (30) días de suscrito el Contrato, deberá obligatoriamente desarrollar e implementar un programa informático que permita emitir las ordenes de trabajo, efectuar programas de mantenimiento de los equipos que han sido sujeto de mantenimiento y permita a SEDAPAL evaluar permanentemente sus actividades, y el estado de sus equipos previa aprobación del Equipo de Operación y Mantenimiento Electromecánico Norte.

El sistema tendrá que ser hecho en una base de datos que sea comercial (dBASE IV, Access, etc.) y que permita tanto a la contratista como a SEDAPAL poder intercambiar datos por procesos automáticos (via diskettes, correo electrónico).

El incumplimiento de la obligación pactada dará lugar a las sanciones y/o penalidades establecidas en las Bases.

- 4.3 Los trabajos serán ejecutados de acuerdo a los procedimientos señalados en el documento denominado "Características y Especificaciones Técnicas" que forma parte de las presentes bases y a las Especificaciones Técnicas de SEDAPAL.
- 4.4 El Contratista se somete expresamente a cualquier procedimiento de supervisión y/o fiscalización que efectúen en cualquier momento y sin previo aviso personal designado por SEDAPAL, para lo cual brindará las facilidades del caso. Esta labor de supervisión no interferirá la ejecución de los trabajos encomendados.
- 4.5 El Contratista proporcionará la Dirección Técnica y supervisión de las actividades involucradas en el servicio.
- 4.6 El Contratista celebrará semanalmente y/o cuando lo solicite SEDAPAL reuniones de trabajo, con participación de los responsables de las partes, donde se analizará el desarrollo de las actividades contratadas.

15. EJECUCION DE PLAN DE TRABAJO

SEDAPAL a través del Equipo de Mantenimiento Electromecánico, proporcionará al postor que obtenga la buena pro la carga de trabajo que deberá desarrollar para llevar a cabo la ejecución de las actividades consideradas en el presente concurso público de precios.

16. GARANTIA DEL TRABAJO

El Contratista garantizará como mínimo por un (1) año los trabajos realizados. Cuando se demuestre que ha existido deficiencia técnica en sus procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo, quedará obligado a subsanarlos de acuerdo a la obligación asumida en el formato "Declaración jurada del postor obligándose a subsanar deficiencias técnicas de mantenimiento preventivo y correctivo", de no hacerlo se le solicitará la sanción señalada en el Anexo N° 03.