



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO TÉCNICO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE OTAVALO”

AUTOR: Luis Antonio Daza Pepinós

TUTOR: Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano

AMBATO – ECUADOR

Marzo - 2023

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE OTAVALO”**, elaborado por el Sr. Luis Antonio Daza Pepinós, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 172160838-6, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, marzo 2023




Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano

TUTOR

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Luis Antonio Daza Pepinós, con C.I. 172160838-6, declaró que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE OTAVALO”**, así como también las fichas de máquinas, tablas, criterios, ideas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, marzo 2023



Luis Antonio Daza Pepinós

C.I. 172160838-6

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, marzo 2023



Luis Antonio Daza Pepinós

C.I. 172160838-6

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Luis Antonio Daza Pepinós de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE OTAVALO”**.

Ambato, marzo 2023

Para constancia firman:



Ing. Mg. Alejandra Marlene Lascano Moreta
MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Mg. José Luis Yunapanta Velasteguí
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mis padres Narda y Reynaldo quienes a lo largo de los años me han formado como una persona con valores y guiando a ser una persona de bien, por todos los consejos, el apoyo incondicional y la paciencia que me han dado todo lo que soy ahora es gracias a mis padres.

A mi tía Ceci por donarle una parte de su cuerpo a mi mamá y así poderla tener a mi lado por muchos años más.

A mis abuelitos que me están cuidando desde el cielo Luis (+) y Isabel (+) y Antonio (+) y Anita (+).

A toda mi familia por su apoyo que me han brindado.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la Universidad Técnica de Ambato y a los profesores de la Carrera de Ingeniería Mecánica que me han compartido todos sus conocimientos en especial a mi tutor, Ing. Christian Castro que ha sido un guía a lo largo de todo este tiempo para concluir con este trabajo de titulación.

A mis tías y tíos Edilma, Anita, Isaura, Cecilia, Hugo, Alcívar quienes me han ayudado a lo largo de mi vida.

A mis primos Cristian, Carlos Alberto, Andrés, Alex, Sebastián, Michael, Edison y Scarlette quienes les considero como mis hermanos gracias por el apoyo y consejos que me han brindado.

A mis mejores amigos Darío, Israel y Kevin por todo el apoyo brindado, experiencias, consejos solo puedo decirles gracias.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	3
1.3.1 Estación de Bombeo.....	3
1.3.1.1 Elementos de las estaciones de bombeo	3
1.3.1.2 Ubicación de la estación de bombeo.....	4
1.3.1.3 Capacidad de la estación de bombeo	5
1.3.1.4 Clasificación y tipos de estaciones de bombeo.....	6
1.3.1.5 Tipos de máquinas hidráulicas. Clasificaciones	7
1.3.2 Mantenimiento	10
1.3.2.1 Definición	10
1.3.2.2 Objetivos generales de mantenimiento.....	10
1.3.2.3 Tipos de mantenimiento.....	10
1.3.3 Mantenimiento preventivo	11
1.3.3.1 Características del mantenimiento preventivo.....	11
1.3.3.2 Actividades del mantenimiento preventivo	12
1.3.3.3 Aplicabilidad del mantenimiento preventivo.....	13

1.3.3.4	Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo	13
1.3.3.5	Diseño de un programa de mantenimiento preventivo	14
1.3.3.6	Recomendaciones para determinar un plan de mantenimiento preventivo ¹⁴	
1.3.4	Inventario de equipos	15
1.3.5	Dossier-Máquina	17
1.3.6	Fichero histórico de la máquina	18
1.3.7	Análisis de modo de fallo y efectos. AMFE.	19
1.3.7.1	Criterios NTP 679.....	20
1.3.8	Análisis de criticidad.....	20
1.3.9	Bitácoras y gamas de mantenimiento.....	22
1.3.9.1	Bitácora de mantenimiento	22
1.3.9.2	Gamas de mantenimiento.....	23
CAPÍTULO II	25
METODOLOGÍA	25
2.1	Materiales y recursos	25
2.1.1	Recursos Humanos	25
2.1.2	Recursos Institucionales	25
2.1.3	Recursos Materiales	25
2.1.4	Recursos Económicos	26
2.2	MÉTODOS	26
2.2.1	Explicativo	26
2.2.2	Descriptivo	26
2.2.3	Deductivo	26
2.3	Diagrama del flujo.....	27
CAPÍTULO III	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
3.1	Recolección de datos	28
3.1.1	Inventario de máquinas	28
3.2	Dossier de máquinas.....	29
3.2.1	Fichas técnicas	29
3.2.2	Lista de componentes principales	34
3.3	Motor-Bombas.....	37
3.3.1	Condiciones de servicio	37
3.3.1.1	Arranque inicial	37

3.3.1.2	Sistema de circulación de aceite	37
3.3.1.3	Variación de tensión / frecuencia.....	38
3.3.2	Instrucciones de montaje y uso	38
3.3.2.1	Instalación.....	38
3.3.2.2	Puesta en marcha	38
3.3.2.3	Parada.....	40
3.3.2.4	Verificación inicial del funcionamiento	40
3.3.2.5	Precauciones generales	40
3.3.3	Seguridad industrial	41
3.3.4	Esquemas eléctricos	42
3.4	Generador eléctrico	42
3.4.1	Condiciones de servicio	42
3.4.1.1	Regulación de voltaje.....	42
3.4.1.2	Encendido del motor.....	42
3.4.1.3	Operación paralela	42
3.4.1.4	Cargas no lineales	43
3.4.2	Instrucciones de montaje y uso	43
3.4.2.1	Preparación para su uso	43
3.4.2.2	Montaje del generador	43
3.4.2.3	Prueba del juego axial del eje	43
3.4.2.4	Vibración de torsión.....	43
3.4.2.5	Consideraciones al medio ambiente	43
3.4.3	Seguridad industrial	44
3.4.4	Esquemas.....	44
3.5	Tableros de control.....	45
3.5.1	Condiciones de servicio	45
3.5.1.1	Inspección visual.....	45
3.5.1.2	Pruebas dieléctricas.....	45
3.5.1.3	Pruebas de producción.....	45
3.5.1.4	Pruebas funcionales	45
3.5.1.5	Inspección mecánica	46
3.5.1.6	Pruebas sísmicas	46
3.5.2	Instrucciones de montaje y uso	46
3.5.2.1	Estructuras	46

3.5.2.2	Puesta a tierra.....	46
3.5.2.3	Alambrado y conexionado	46
3.5.3	Seguridad industrial	46
3.5.4	Esquemas.....	47
3.6	Hojas de mantenimiento	47
3.7	Matriz AMFE	88
3.8	Análisis de criticidad	108
3.9	Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo.....	117
3.9.1	Bitácora de mantenimiento	117
3.9.2	Gamas de mantenimiento.....	118
3.10	Instructivo mantenimiento correctivo.....	127
3.11	Instructivo de uso del programa.....	152
3.11.1	Inventario	152
3.11.2	Componentes principales	152
3.11.3	Hojas de mantenimiento.....	153
3.11.4	Parámetros de mantenimiento	153
3.11.5	Matriz AMFE	153
3.11.6	Análisis de criticidad.....	154
3.11.7	Bitácoras de mantenimiento.....	154
3.11.8	Gamas de mantenimiento.....	154
3.11.9	Registro de hojas de mantenimiento	155
3.11.10	Hojas de mantenimiento.....	155
3.11.11	Para agregar una máquina nueva se debe realizar:.....	156
CAPITULO IV.....		159
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		159
4.1	Conclusiones.....	159
4.2	Recomendaciones.....	160
Bibliografía		161
Anexos.....		163

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Elementos de las estaciones de bombeo. [6].....	4
Figura 2: Esquema típico de una estación de bombeo. [6].....	4
Figura 3: Factores de ubicación de una estación de bombeo. [6].....	5
Figura 4: Estación de bombeo con bombas verticales en dos cámaras. [5]	6
Figura 5: Estación de Bombeo con bombas horizontales en dos cámaras. [5]	7
Figura 6: Bomba centrífuga. [8].....	7
Figura 7: Bomba centrífuga eje vertical. [8]	8
Figura 8: Bomba de émbolo de simple y doble efecto. [8]	9
Figura 9: Bomba de diafragma. [8]	9
Figura 10: Bombas rotatorias. [8].....	10
Figura 11: Tipos de Mantenimiento. [9]	11
Figura 12: Características del plan de mantenimiento. [10].....	12
Figura 13: Actividades del mantenimiento preventivo. [10].....	12
Figura 14: Líneas generales de datos. [9].....	16
Figura 15: Dossier. [11].....	18
Figura 16: Registro de fallas. [10].....	19
Figura 17: Norma de color utilizado para definir el grado de criticidad. [10]	20
Figura 18: Categorías de relación entre productividad y costo de mantenimiento. [10]	21
Figura 19: Criterios para definir la criticidad del equipo. [10]	21
Figura 20: Bitácora de mantenimiento. [10]	22
Figura 21: Gama de mantenimiento diario. [13]	24
Figura 22: Diagrama de flujo para desarrollar el plan de mantenimiento preventivo	27
Figura 23: Conexiones eléctricas para arranque del motor. [16]	42
Figura 24: Esquema del circuito Magnaplug. [18]	44
Figura 25: Presentación de un típico esquema Magnaplug. [18].....	45
Figura 26: Esquema de tableros con y sin puesta a tierra. [19].....	47
Figura 27: Matriz frecuencia por consecuencia de falla.	109
Figura 28: Hoja de inicio del programa	152
Figura 29: Hoja de inventario	152
Figura 30: Botones para seleccionar los componentes de las diferentes máquinas	153
Figura 31: Botones para seleccionar las hojas de mantenimiento de las diferentes máquinas	153
Figura 32: Botones para seleccionar los parámetros de mantenimiento de las diferentes máquinas.....	153
Figura 33: Botones para seleccionar la matriz AMFE de las diferentes máquinas	154
Figura 34: Botones para seleccionar los análisis de criticidad de las diferentes máquinas	154

Figura 35: Botones para seleccionar las bitácoras de mantenimiento de las diferentes máquinas	154
Figura 36: Botones para seleccionar las gamas de mantenimiento de las diferentes máquinas	155
Figura 37: Botones para seleccionar las gamas de mantenimiento de las diferentes máquinas	155
Figura 38: Registro de hojas de mantenimiento	155
Figura 39: Botones para seleccionar las hojas de mantenimiento de las diferentes máquinas	155
Figura 40: Hoja de mantenimiento	156
Figura 41: Cálculo disponibilidad.....	156
Figura 42: Botonera para el ingreso de una nueva máquina.....	156
Figura 43: Hoja de registro de datos.....	157
Figura 44: Registro de datos de la nueva máquina	157
Figura 45: Cálculo disponibilidad y gráficos.....	158

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Recursos Económicos	26
Tabla 2: Inventario de máquinas	28
Tabla 3: Motor-Bomba 65HP	29
Tabla 4: Motor-Bomba 50HP	29
Tabla 5: Motor-Bomba 50HP	30
Tabla 6: Motor-Bomba 30HP	30
Tabla 7: Motor-Bomba 60 HP	31
Tabla 8: Tablero eléctrico de control 1	31
Tabla 9: Tablero eléctrico de control 2	32
Tabla 10: Tablero eléctrico de control 3	32
Tabla 11: Tablero eléctrico de control 4	33
Tabla 12: Generador Eléctrico	33
Tabla 13: Componentes principales de las Motor-Bombas	34
Tabla 14: Componentes principales de tablero eléctrico de control	35
Tabla 15: Componentes principales de generador eléctrico	36
Tabla 16: Hoja de mantenimiento Motor-Bomba 65HP	48
Tabla 17: Parámetros de mantenimiento Motor-Bomba 65HP.....	53
Tabla 18: Hoja de mantenimiento tablero eléctrico de control 1	57
Tabla 19: Parámetros de mantenimiento tablero eléctrico de control 1	65
Tabla 20: Hoja de mantenimiento Generador Eléctrico.....	71
Tabla 21: Parámetros de mantenimiento Generador Eléctrico	80
Tabla 22: Matriz AMFE Motor-Bombas	89
Tabla 23: Matriz AMFE de tableros eléctricos de control.....	96
Tabla 24: Matriz AMFE generador eléctrico	103
Tabla 25: Factores de frecuencia y consecuencia	108
Tabla 26: Análisis de criticidad Motor-Bomba.....	110
Tabla 27: Análisis de criticidad tablero de control	112
Tabla 28: Análisis de criticidad generador eléctrico.....	114
Tabla 29: Gama de mantenimiento Motor-Bomba	118
Tabla 30: Gama de mantenimiento tablero eléctrico de control	121
Tabla 31: Gama de mantenimiento generador eléctrico	124
Tabla 32: Instructivo de mantenimiento correctivo de la bobina de la motor-bomba	127
Tabla 33: Instructivo de mantenimiento correctivo del rotor del eje de la motor-bomba	129
Tabla 34: Instructivo de mantenimiento correctivo de los hijos conductores de la motor-bomba.....	131
Tabla 35: Instructivo de mantenimiento correctivo de la turbina de la motor-bomba	133
Tabla 36: Instructivo de mantenimiento correctivo de las poleas de la motor-bomba	135
Tabla 37: Instructivo de mantenimiento correctivo de los componentes eléctricos de los tableros eléctricos de control	137

Tabla 38: Instructivo de mantenimiento correctivo de la bobina de los tableros eléctricos de control	139
Tabla 39: Instructivo de mantenimiento correctivo de los elementos de señalización de los tableros eléctricos de control	142
Tabla 40: Instructivo de mantenimiento correctivo del transformador de intensidad de los tableros eléctricos de control	144
Tabla 41: Instructivo de mantenimiento correctivo de los filtros del generador eléctrico	146
Tabla 42: Instructivo de mantenimiento correctivo del cableado eléctrico del generador eléctrico	148
Tabla 43: Instructivo de mantenimiento correctivo de los pernos del generador eléctrico	150

RESUMEN

Debido a que la Estación de Bombeo de Punyaro se encuentra funcionando todo el tiempo, presenta problemas, por ende, se interrumpe el flujo de agua, por ello la finalidad de este proyecto es reducir los fallos inesperados para que esté en funcionamiento constantemente, evitando así ocasionar posibles interrupciones a lo largo del tiempo.

Para este proyecto se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo donde se realizó un inventario de máquinas y equipos y se procedió a la creación de: fichas técnicas, cálculo de la disponibilidad de cada uno de ellos, la matriz AMFE a los componentes principales mediante la norma NTP: 679 y análisis de criticidad obteniendo los componentes con más posibilidades a un fallo; obtenidos estos datos se procedió a la realización de bitácoras y gamas de mantenimiento para tener una eficiencia en el funcionamiento y reducir los paros inesperados. Para un mejor registro de datos de mantenimiento se desarrolló un programa el cual ayudará de una forma rápida al registro y el cálculo de disponibilidad de cada máquina, para ello se elaboró un instructivo de funcionamiento del programa.

Palabras claves: Estación de bombeo, Mantenimiento preventivo, Disponibilidad, AMFE, Criticidad, Gamas de mantenimiento, Bitácoras de mantenimiento.

ABSTRACT

Since the Punyaro Pumping Station is in operation all the time, it presents problems and therefore the flow of water is interrupted, so the purpose of this project is to reduce unexpected failures so that it is in constant operation and thus avoid causing possible interruptions over time.

For this project, a preventive maintenance plan was developed where an inventory of machines and equipment was made and we proceeded to the creation of: technical data sheets, calculation of the availability of each one of them, the FMEA matrix to the main components using the NTP: 679 standard and criticality analysis obtaining the components most likely to fail; obtained this data we proceeded to the realization of logs and maintenance ranges to have an efficiency in the operation and reduce unexpected stoppages. For a better recording of maintenance data, a program was developed which will help in a quick way to record and calculate the availability of each machine, for this purpose a program operating instruction was developed.

Keywords: Pumping station, preventive maintenance, availability, FMEA, criticality, ranges and maintenance logs.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Con el avance y el desarrollo de la humanidad se han ido creando diferentes mecanismos para la conducción de un elemento que es importante para nosotros como es el agua. Entonces, a partir de esto se inventaron diferentes instrumentos acompañados con tuberías mejorando a sistemas pasados. Todo este avance ha ayudado que en el presente haya una diversidad de instrumentos para ayudar al transporte del agua [1].

Debido a la utilización de todos los mecanismos en la transportación de agua como uno de sus principales elementos que es la bomba, ya que tienen un uso prolongado largo del tiempo, se van deteriorando, por lo que va reduciendo su capacidad de funcionamiento. Por lo que se requiere implementar un mantenimiento preventivo, debido a su uso es constante, se debe realizar una inspección a los elementos y máquinas con el motivo que se puedan reducir el deterioro de los mecanismos. Realizando un correcto mantenimiento preventivo, se reducirá el mantenimiento correctivo que se tiene que efectuar más adelante [1].

A demás, Esteban Gutiérrez Lagoueyte, que elaboró el proyecto técnico sobre la “ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA DE BOMBEO DEL GRUPO GEMI BASADO EN EL ANÁLISIS FMECA Y EN MEDICIONES CMD”, a causa del bajo flujo de agua o en casos escasez del mismo, esto se ha originado por la falta de control en los mecanismos, llegando al deterioro de instalaciones, máquinas y equipos por lo cual se ha realizado esta, en la cual desarrolla un plan de mantenimiento preventivo basado en el Análisis de Modos de fallos, Efectos y su Criticidad en el cual busca obtener un mantenimiento eficiente y minucioso con la identificación e inspección de elementos en las que puedan surgir fallas más frecuentemente para evitar que las bombas no tengan paros o que se produzca un deterioro con el fin de que las bombas tengan una vida más útil [2].

Por otra parte, Darío Javier Delgado Apolinario en su trabajo de investigación “PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO EN FUNCIÓN A LA DISPONIBILIDAD DE LOS GRUPOS DE BOMBEO DE LA EMPRESA INTERAGUA C. LTDA”, consideran que el mantenimiento preventivo en los grupos de bombeo de distribución de agua debe ser revisadas contantemente, pero por causas de falta de insumos o presupuesto estas revisiones llegan a ser aplazadas. En donde el mantenimiento preventivo llega a ser muy importante para que los mecanismos tengan una disponibilidad elevada y que su rendimiento sea alto, esto se puede lograr con técnicas basadas en mantener los equipos e instalaciones industriales a lo largo de un mayor tiempo y con un costo de mantenimiento menor [3].

De acuerdo a la investigación realizado por Santiago Rodrigo Bonilla Parra en su tema “Estudio del mantenimiento de las estaciones de bombeo en EMAPA para incrementar la disponibilidad de las maquinarias”, establece que es importante el adecuado manejo y control del mantenimiento siguiendo una línea de tareas que puede comenzar con la limpieza, lubricación, cambio de grasa, reajuste del motor y la bomba y otra serie de tareas que ayudan a que la frecuencia de mantenimiento correctivo sea menor y se aumente la vida de las máquinas [4].

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para la estación de bombeo de Punyaro de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad de Otavalo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- **Identificar los diferentes equipos y componentes existentes en la estación de bombeo del sector de Punyaro.**

A través de un recorrido por la estación de bombeo de Punyaro, se registrará los diferentes componentes de cada equipo que constituyen el sistema de bombeo, de tal forma tener los datos de cada elemento del sistema.

- **Desarrollar el fundamento teórico-metodológico en el que se detalle las generalidades, el funcionamiento y mantenimiento de la estación de bombeo.**

Se averiguará los datos del estado en el que están los elementos del sistema de bombeo, además se investigará información que ayude a tener un amplio conocimiento de su sistema y de los componentes para su funcionamiento en óptimas condiciones.

- **Analizar criterios de modos de fallo de los componentes de la estación de bombeo mediante una matriz AMFE y matriz de criticidad.**

Se realizará la matriz AMFE y CRITICIDAD bajo la norma técnica de prevención (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos AMFE) la cual es una metodología que ayuda a evaluar y pronosticar el estado de los componentes cuando estos van a fallar. Así se podrá determinar que elemento tienden a fallar y se podrá tener un orden al momento de una reparación.

- **Realizar la bitácora y gamas de mantenimiento para la estación de bombeo.**

Después de todo el análisis se desarrollarán las bitácoras y gamas de mantenimiento, las cuales ayudarán a tener un registro que puede ser diario, semanal, mensual o anual en donde se llevara un control del mantenimiento que se realiza a los sistemas y así tener un pronóstico para cuando se tenga que realizar un próximo mantenimiento sin tener paros extensos.

1.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.3.1 Estación de Bombeo

Estas estaciones de bombeo son diseñadas para cuando se requiere realizar un bombeo de agua potable, agua de lluvia y residuales y estas no se pueden integrar a una tubería de repartición de agua potable o de alcantarillado de agua de lluvia o alcantarillado de un plan municipal por sí solas a través de la gravedad. Son un grupo de estructuras, equipos, tuberías, accesorios que conjuntamente cumplen la función de coger el agua directa o indirecta del ojo de agua para ser transportada a un depósito o a su vez ser transportada de forma directa a la red de distribución de agua potable [5] [6].

1.3.1.1 Elementos de las estaciones de bombeo

Los elementos esenciales para la construcción de una estación de bombeo de agua potable son los siguientes:

Elementos de las estaciones de bombeo

- Caseta de bombeo.
- Cisterna de bombeo.
- Equipo de bombeo.
- Grupo generador de energía y fuerza motriz.
- Tubería de succión.
- Tubería de impulsión.
- Válvulas de regulación y control.
- Equipos para cloración.
- Interruptores de máximo y mínimo nivel.
- Tableros de protección y control eléctrico.
- Sistema de ventilación, natural o mediante equipos.
- Área para el personal de operación.
- Cerco de protección para la caseta de bombeo.

Figura 1: Elementos de las estaciones de bombeo. [6]

A continuación, se presentará un gráfico representativo de una estación de bombeo, este compuesto de una bomba centrífuga de eje horizontal. No obstante, dependiendo de la situación de cada proyecto como está estructurado, puede cambiar [6].

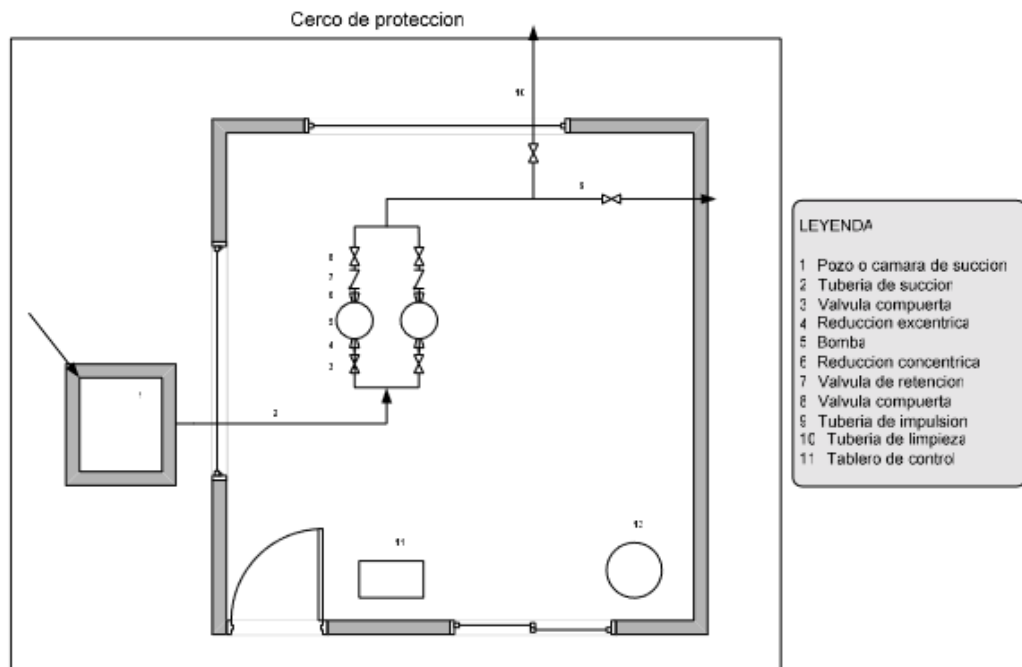


Figura 2: Esquema típico de una estación de bombeo. [6]

1.3.1.2 Ubicación de la estación de bombeo

Para un buen funcionamiento de la estación de bombeo se debe tener en cuenta muchos factores para tener una ubicación adecuada:

Factores de ubicación de una estación de bombeo

- El acceso debe ser sencillo al momento de la construcción y posterior mantenimiento y operación.
- Que las fuentes de agua estén protegidas de agentes contaminantes.
- Que las condiciones ambientales sean adecuadas y libres de inundaciones, deslizamientos y crecidas de ríos.
- Tener máquinas hidráulicas eficientes.
- Accesibilidad a combustibles y generación eléctrica.
- Terreno adecuado.
- Tipo de suelos adecuados

Figura 3: Factores de ubicación de una estación de bombeo. [6]

1.3.1.3 Capacidad de la estación de bombeo

Para tener un parámetro exacto de la capacidad de la estación de bombeo se debe determinar el caudal de la fuente principal de abastecimiento, y así se puede determinar si la fuente de abastecimiento es adecuada para operación prevista para la estación de bombeo [6].

Se debe considerar los siguientes factores:

1.3.1.3.1 Periodo de bombeo

Para determinar el número de horas de bombeo y el encendido diario de la máquina es esencial tener en cuenta la capacidad de la vertiente, el consumo de agua, accesibilidad energética y el valor operativo [6].

Para la operación de la estación de bombeo de una manera adecuada, donde se recomienda un bombeo diario de 8 horas diaria, que deben ser suministrar de acuerdo al momento en donde el consumo es mayor sin afectar económicamente a la empresa, pero se puede extender a 12 horas el periodo de bombeo siempre y cuando sean necesarias [6].

1.3.1.3.2 Tipo de abastecimiento

Para cuando tenemos un depósito de almacenamiento en un sistema de abastecimiento de agua se debe tener en cuenta el cálculo de la capacidad de la tubería de succión, el equipo de bombeo y la tubería de impulsión, esto debe ir de acuerdo al caudal máximo diario y al número de horas de bombeo [6].

1.3.1.4 Clasificación y tipos de estaciones de bombeo

1.3.1.4.1 Clasificación

Las estaciones de bombeo se clasifican en primarias y secundarias.

- **Las estaciones primarias:** esta es la que se abastece directamente de la fuente suministro, y la distribuyen a otro depósito, a donde va a ser tratada o a su vez directamente a la de distribución [5].
- **Las estaciones secundarias:** éstas elevan la situación de las estaciones primarias, ya que aumentan la presión y el gasto [5].

1.3.1.4.2 Tipos básicos

Se pueden construir de dos tipos las estaciones primarias:

a) Estaciones de dos cámaras

Cuentan con dos cámaras o cárcamos. Por un lado, se encuentra el ingreso del agua y el reservorio en donde se encuentra la succión, en el otro se llama cámara seca, es donde se instalan los equipos de bombeo, la primera cámara puede ser la fuente natural [5].

b) Estaciones de una cámara

Estas son utilizadas para bombas que se sumergen y que son de eje vertical, ya que solo cuentan con una cámara en donde se encuentra el ingreso de agua, el depósito indispensable y los aparatos de bombeo [5].

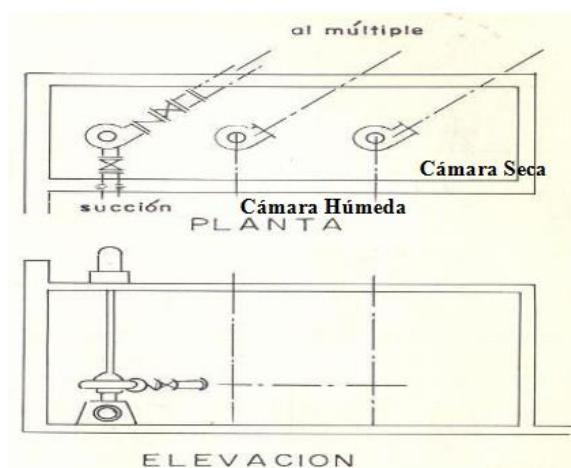


Figura 4: Estación de bombeo con bombas verticales en dos cámaras. [5]

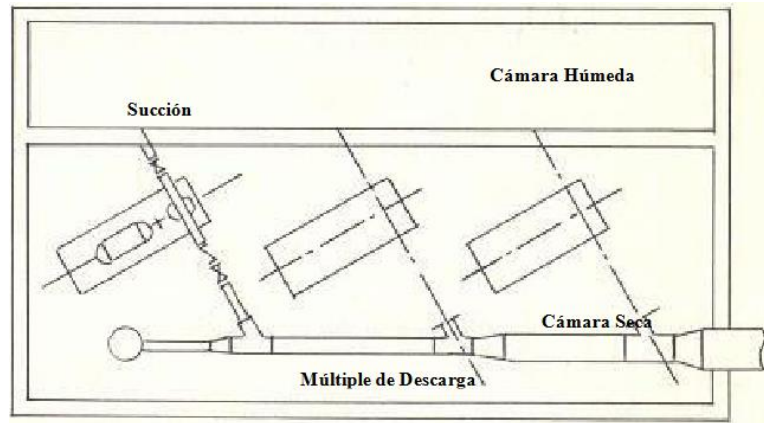


Figura 5: Estación de Bombeo con bombas horizontales en dos cámaras. [5]

1.3.1.5 Tipos de máquinas hidráulicas. Clasificaciones

1.3.1.5.1 Turbomáquinas o bombas rotodinámicas

En este tipo su funcionamiento está orientado en el incremento del momento cinético, dado que una alteración del mismo, lo que implica una alteración de la velocidad [7].

De esta manera se puede diferenciar:

- **Bomba centrífuga de eje horizontal**

Este tipo de bomba genera una gran velocidad de rotación, está constituida de un disco con aletas, rodetes y alabes y estos componentes giran en el interior de un círculo que su diseño es más apretado en el inicio que al final, tiene forma de caracol. Esta bomba funciona ingresando el agua hasta el centro del círculo, y el agua es empujada con fuerza centrífuga hasta expulsar el agua [8].

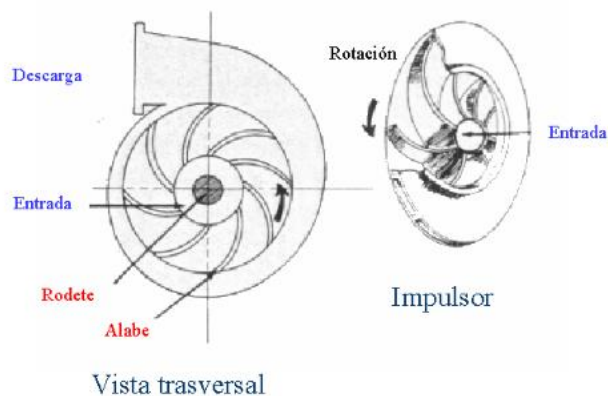


Figura 6: Bomba centrífuga. [8]

- **Bomba centrífuga de eje vertical**

En este tipo de bomba no cuenta con el tubo de aspiración, ya que el rodete va sumergido en el agua y estas no se desceban [8].

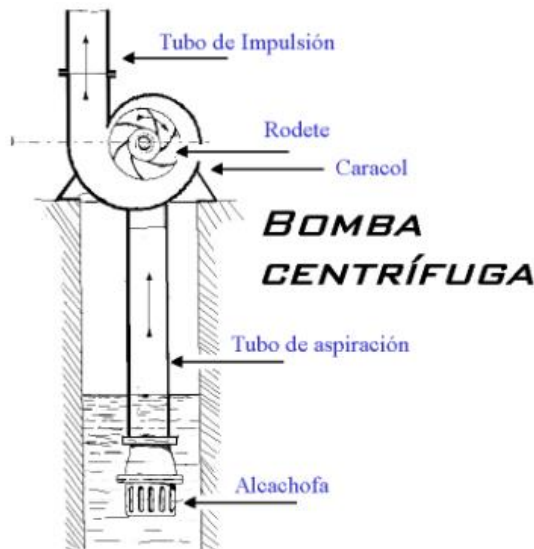


Figura 7: Bomba centrífuga eje vertical. [8]

1.3.1.5.2 Bombas de desplazamiento positivo

Este tipo de bombas operan en la ejecución de una fuerza, o par de fuerzas si son rotativas, en donde la cama de trabajo es llenada para después de forma secuencial ser vaciado. La energía producida por el líquido aumenta para ser materializada de forma inmediata en energía de presión [7].

Aquí se puede hacer otra subdivisión de este tipo de bombas:

- **Aspirantes:** estas funcionan por la aspiración generada por la subida del émbolo en el cuerpo de la bomba para hacer que se eleve el agua [7].

Este tipo de bombas funcionan a partir de un cilindro que en su interior trabaja un pistón, esto hace que al momento de trabajar el pistón comienza a aspirar el agua y posteriormente impulse el agua por las tuberías con presión. Para que esto se produzca se requiere de válvulas las cuales abran y cierran las salidas debido al empuje del agua [8].

Este tipo de bombas pueden ser de simple o doble efecto, lo que quiere decir que aspiren solo, por una parte, o por las dos partes del pistón [8].

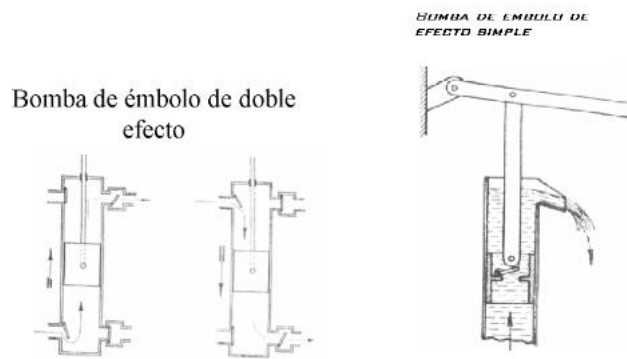


Figura 8: Bomba de émbolo de simple y doble efecto. [8]

- **Impelentes:** en este tipo el cuerpo de la bomba está sumergido en el reservorio, y así este no tiene necesidad a tener tubo de aspiración [7].

Este tipo de bobas solo funciona por una de sus caras. A partir de un diafragma deformable se produce la succión y el empuje, el diafragma es un círculo de hule que está fijado firmemente en la periferia y empujado al centro, arriba y abajo. También usan válvulas a la entrada y a la salida que se alternan para abrir y cerrar [8].

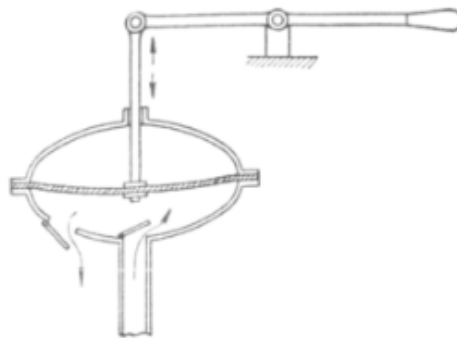


Figura 9: Bomba de diafragma. [8]

- **Las bombas rotatorias:** en este tipo se usa para fluidos viscosos, o fluidos que tengan aire o vapor y trabajan con un flujo de líquido contante que sale de la bomba [7].

Este tipo de bombas funcionan a través de dos aros giratorios de diferente centro, el cual absorben y empujan agua a través de unos huecos, no son muy usadas y no tienen válvulas y se ceban por sí mismas [8].



Figura 10: Bombas rotatorias. [8]

1.3.2 Mantenimiento

1.3.2.1 Definición

El mantenimiento es un proceso que se debe realizar una inspección continua de bien de una empresa que por el pasar del tiempo o por su uso tienden a desgastarse. Este proceso se debe realizar debido a que se puede prevenir fallos q pueden ser perjudiciales para las empresas debido a los paros de producción [9].

1.3.2.2 Objetivos generales de mantenimiento

- Esforzarse para que las máquinas y equipos tengan una disponibilidad importante para poder alcanzar las metas de producción con los estándares de calidad requeridos [9].
- Preservar las máquinas y equipos con su mantenimiento para que estos siempre estén operativos y que no sufran deterioros prematuros y poder conservar su valor [9].
- Asegurar que las máquinas y equipos estén operando de una forma adecuada sin afectar a los operarios que las manejan [9].

1.3.2.3 Tipos de mantenimiento

Los tipos de mantenimiento han venido evolucionando a lo largo del tiempo, debido al tipo de falla que puede presentar un equipo o máquina, se puede realizar el mantenimiento según la gravedad del problema. Ahora tenemos un mantenimiento mucho más desarrollado que la de antes, que era un poco más primitivo. De todas formas, el mantenimiento primitivo se complementa del mantenimiento más desarrollado [9].

En las máquinas y equipos de una empresa se debe tener un control estricto, ya que no se puede tener fallas de improviso, sino tener un cronograma donde podamos pronosticar y así generar acciones para impedir las fallas [9].

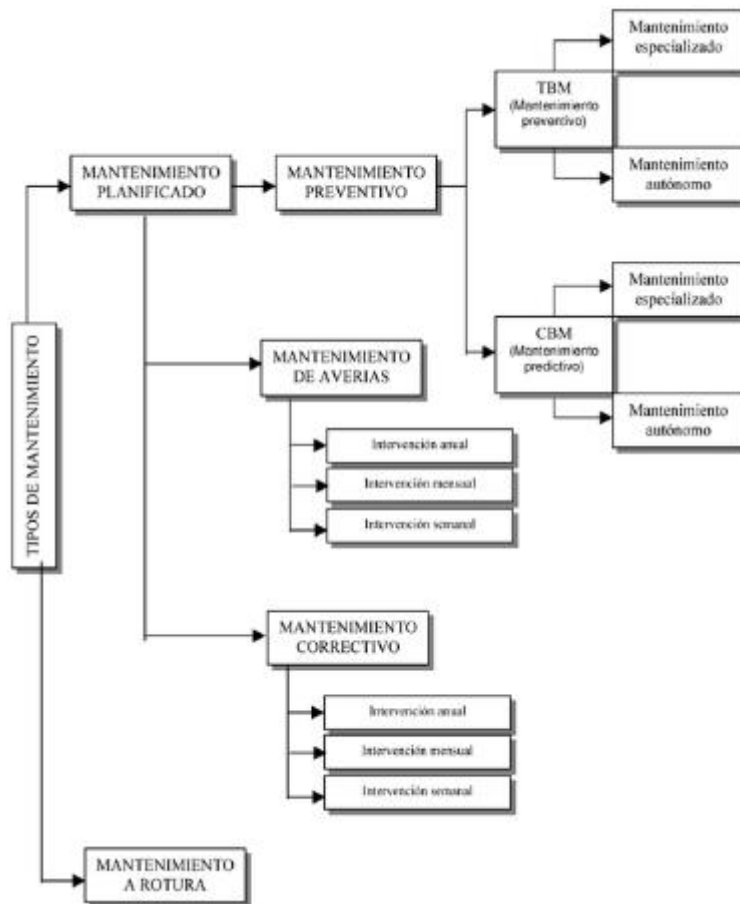


Figura 11: Tipos de Mantenimiento. [9]

1.3.3 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo consiste en lograr que el trabajo de una máquina o equipo sea regular con los menores paros posibles para que pueda trabajar de una forma continua, esto lo logramos con un control planificado que debe ser permanente. Cuando se ejecuta este plan de mantenimiento, este será controlado por personal capacitado, en tanto el operador deberá realizar la limpieza y la calibración de sus máquinas o equipos [10].

1.3.3.1 Características del mantenimiento preventivo

Para realizar un mantenimiento preventivo se tiene que llevar a cabo un programa en donde se debe seguir un orden en donde la primera es la verificación de los equipos o máquinas de una empresa [10].

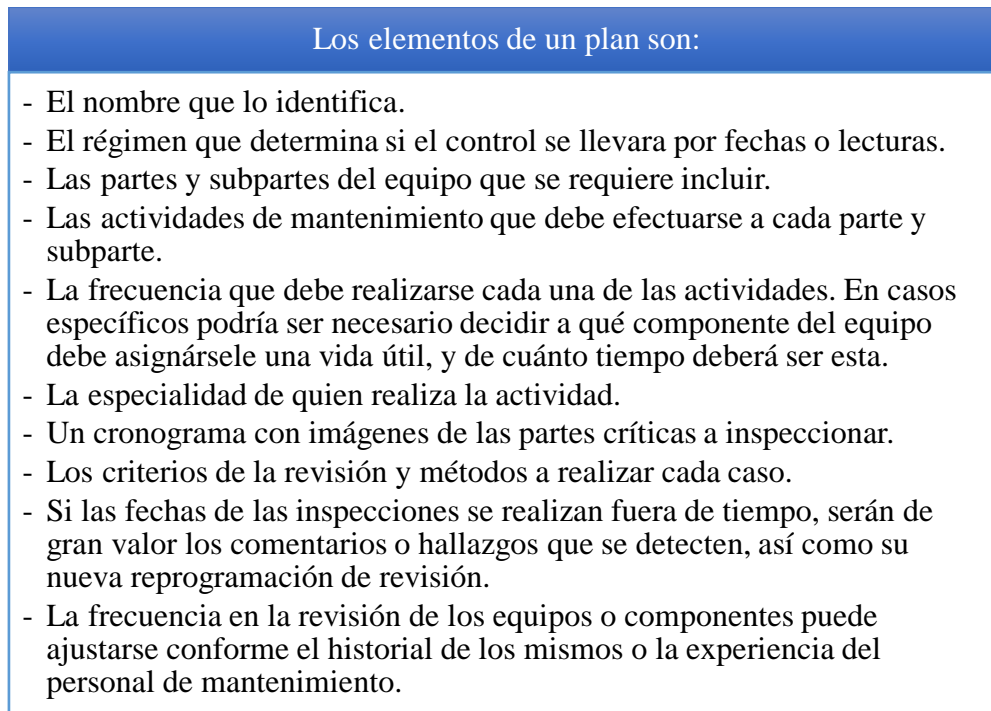


Figura 12: Características del plan de mantenimiento. [10]

1.3.3.2 Actividades del mantenimiento preventivo

Estas son las actividades fundamentales del mantenimiento preventivo para los equipos y máquinas, son estas:

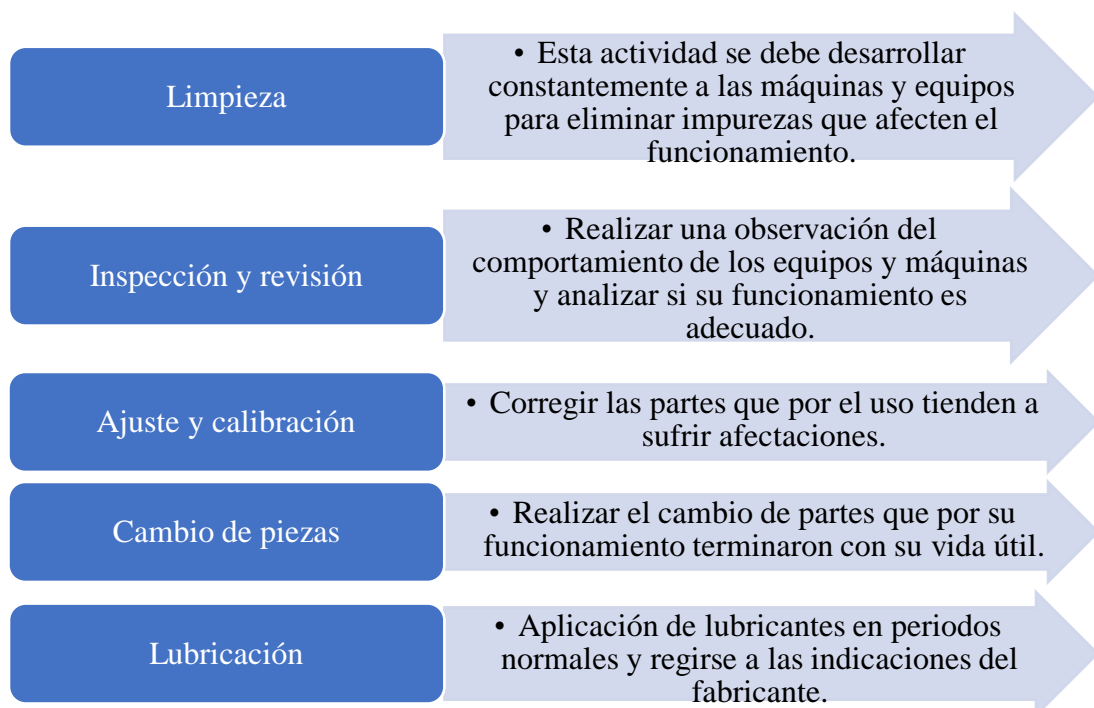


Figura 13: Actividades del mantenimiento preventivo. [10]

1.3.3.3 Aplicabilidad del mantenimiento preventivo

La aplicación del mantenimiento preventivo es más necesario cuando la empresa o industria es más avanzada, ya que es importante para las líneas de producción para que no tenga paros repentinos. También es muy necesario la aplicación de este plan para la seguridad de operarios y de personas que puedan estar en peligro por el fallo de algún equipo o máquina [10].

1.3.3.4 Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo

Ventajas del mantenimiento preventivo

- **Seguridad**

Las máquinas o equipos que se encuentran en mantenimiento preventivo son más seguras porque están en constantes revisiones para que no tengan ningún fallo y ponga en peligro a los trabajadores [10].

- **Tiempo muerto**

El tiempo muerto se puede disminuir o hasta eliminar si se realizan los mantenimientos mientras el operario está en su hora de almuerzo o cuando no afecte a la producción [10].

- **Vida útil**

Aumenta el tiempo de vida de los equipos debido a la aplicación de mantenimiento preventivo, ya que siempre tienen un control y así no afecta a elemento más importante de su funcionamiento [10].

- **Costo de las reparaciones**

Se puede reducir el costo de reparación aplicando el mantenimiento preventivo porque cuando se realiza un control se puede predecir que pieza puede fallar, con eso es cambiada y no afecta a otras partes de la máquina aumentando el costo [10].

- **Inventarios**

Se puede bajar el costo en repuestos, siempre y cuando se lleve un control y se adquiera cuando sea necesario sin que pase mucho tiempo de espera teniendo un para en el equipo o máquina [10].

- **Calidad de la producción**

Se puede mantener la calidad de la producción, ya que no se tendría pérdidas de material [10].

Desventajas del mantenimiento preventivo

- **Falta del personal calificado**

No tener un personal que no use bien los equipos y máquinas puede afectar a la empresa [10].

- **Cambio innecesario de las piezas**

No dejar que las piezas cumplan su vida útil aumenta el costo [10].

- **Mal funcionamiento del equipo**

Si no se tiene el control de los equipos con ciertos tiempos puede provocar un mal funcionamiento [10].

1.3.3.5 Diseño de un programa de mantenimiento preventivo

Para programar un mantenimiento preventivo es necesario tomar en cuenta varias actividades que sean muy necesarias y para esto se debe efectuar varias preguntas con los posteriores puntos de vista [10]:

- Estandarización
- Fiabilidad y mantenibilidad
- Partes que requieren de algún tipo de servicio
- Capacitación
- Documentación
- Herramientas especiales y equipos de prueba
- Seguridad [10].

1.3.3.6 Recomendaciones para determinar un plan de mantenimiento preventivo

- **Recomendaciones del fabricante**

Todos los fabricantes en sus equipos generan un manual de uso en donde especifican como se debe realizar el mantenimiento, incluso agregan datos de qué elementos pueden fallar con frecuencia y como se puede reparar, también incluyen que esos datos son para condiciones normales de trabajo [10].

- **Recomendaciones de los operadores**

La experiencia que tienen los operadores con la utilización de los equipos es muy importante, ya que ellos ya saben su funcionamiento, lo que les facilita reconocer si existe un cambio de temperatura, vibraciones o ruidos cuando el equipo tiende a fallar [10].

1.3.4 Inventario de equipos

Para empezar a ejecutar un plan de mantenimiento se debe realizar un inventario de equipos y máquinas, lo cual debe contener sus características, donde se encuentra y todos sus historiales. Toda esta información se puede comenzar con la información que entrega el fabricante [9].

Se puede identificar con los diferentes datos:

- De identificación
- De adquisición
- De ubicación
- Técnicos
- De gestión administrativa

Se debe tener en cuenta los siguientes datos:

Número de inventario del equipo	• Se refiere al número que el equipo tiene como activo en los libros contables.
Número de identificación	• Es el código que se maneja operativamente en el taller.
Designación	• Es la descripción de la máquina.
Tipo de activo	• Son simplemente códigos alfanuméricos de referencia a la tipología del equipo.
Marca	• Es el nombre de la firma del constructor de la máquina.
Modelo	• Dentro de una misma marca pueden existir diversos modelos para un mismo equipo.
Número de serie	• Número asignado por el fabricante.
Número de proveedor	• El código que le asigna el departamento de compras al proveedor.
Orden de compra	• Código dado por compras a la orden de compra del activo.
Origen	• Establece el país de origen del equipo
Año de construcción	• Año en el que fue fabricado
Fecha de entrada en servicio	• Fecha a partir de la cual el medio comenzó a producir.
Fecha de alta	• Fecha a partir de la cual fue ingresado como activo en los libros.
Potencia instalada	• Potencia nominal dada en Kw, que tiene la máquina.
Peso	• En kilogramos de la máquina.
Dimensiones	• Superficie cubierta y altura de la máquina.
Accesorios	• Descripción de los componentes que tiene la máquina.
Ubicación actual	• Indica el sitio actual dentro de la planta donde se encuentra la máquina.
Proceso	• Indica a qué proceso de elaboración se halla afectada la máquina.
Centro de costo	• Es la designación administrativa del área que gestionará el equipo.
Costo	• Esto es solo referencial.
Estado	• Se indica la situación del equipo, si está dado de baja o en planta.
Observaciones	• Se registra toda la información necesaria para la descripción del equipo.

Figura 14: Líneas generales de datos. [9]

1.3.5 Dossier-Máquina

Se le conoce como dossier técnico o incluso como dossier de mantenimiento. Este abarca con la información completa de máquinas y equipos [11]:

- Dossier del fabricante (planos, manuales, documentos de pruebas, etc.) [11].
- Fichero interno de la máquina (Inspecciones periódicas, reglamentarias, histórico de intervenciones, etc.) [11].

Contiene tres diferentes tipos de documentos:

- **Documentos comerciales**
Son usados al momento de la compra [11].
- **Documentos técnicos**
Son las características de la máquina o equipo para su uso y mantenimiento [11].
- **Fichero interno**
Estos son que se crea durante su utilización [11].

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO TARJETA MAESTRA		FECHA: VERSION: 01
	EQUIPO: Banda transportadora		CODIGO: BT01
MARCA: Pinhalense S.A.		TIPO: Mecánico	
MODELO: TR1		SERIE: 15	
ACCIONAMIENTO: Eléctrico – Mecánico		CONEXION: 3 Fases	
CAPACIDAD DE TRABAJO: 18 Ton C.P.H /h			
LARGO: 3050mm		ANCHO: 520 mm	ALTO: 20 mm
PESO: 2000kg.			
FABRICANTE: Pinhalense SA DIRECCIÓN: Rua Honorio Soares, 80 – CEP 13990-000 Espírito Santo Do pinhal – SP Brasil AÑO DE FABRICACIÓN: 2005		REPRESENTANTE: Omer De Jesús Gonzáles DIRECCIÓN: Calle 5ª N° 14-29 Manizales-Caldas TEL: (68) 891778 CEL: 3108222691	
1. TURNO	2. TURNOS	3. TURNOS	INTERMITENTE X
CRÍTICO X			
Nota: 3Turnos en época de cosecha			
SERVICIOS PARA OPERACIÓN			
Electricidad: Tensión: 220V 3φ; Corriente: 6,12 A; Potencia:1,5 kWh			

Figura 15: Dossier. [11]

1.3.6 Fichero histórico de la máquina

Documenta el uso y mantenimiento de la máquina o equipo en el transcurso de su vida útil. Cualquier intervención se debe documentar como pueden ser correctivas o preventivas [11].

Consta de:

- Fecha y número de OT (Orden de Trabajo).
- Especialidad.
- Tipo de fallo.
- Número de horas de trabajo.
- Tiempo fuera de servicio.
- Datos de la intervención [11].

Recogidos estos datos se puede realizar:

- Análisis de fiabilidad
- Análisis de disponibilidad
- Análisis de mejora de métodos. AMFE.

- Análisis de repuestos
- Análisis de la política de mantenimiento [11].

1.3.7 Análisis de modo de fallo y efectos. AMFE.

Por la necesidad de mejorar el mantenimiento en las empresas para poder tener un uso más eficiente y preservar la vida útil de equipos y máquinas de una forma más organizada [10].

El análisis de modo de fallo y efectos (AMFE), es un procedimiento que ayuda a calcular el efecto que producen las fallas a los elementos que componen un equipo o máquina y con qué frecuencia se producen estas fallas para crear actividades de mantenimiento en las zonas donde afecta más en la funcionalidad del equipo con el fin de disminuir los paros y los costos totales [10].

Los pasos para llevar a cabo un AMFE están a continuación:

1. Enumerar todos los posibles modos de fallo

Se debe enumerar fallos que pueden ser producidos desde defectos estéticos, funcionales o de seguridad, incluidos problemas por el mal uso [10].

2. Establecer su índice de prioridad

Se realizará una tabla con las posibles fallas de los elementos.

AMFE							
Elemento/ función	Modo de fallo	Efecto	S	O	D	NPR=S*O*D	Acciones propuestas
Describir elemento	Describir modo de fallo	Describir efecto	1 a 10	1 a 10	1 a 10	1 a 1000	Proponer acción de mejora si sale un NPR alto

Figura 16: Registro de fallas. [10]

Según su relevancia se designará una valoración para clasificar los modos de fallo:

- **S:** nivel de severidad (gravedad de la falla notada por el usuario).
- **O:** nivel de incidencia (probabilidad de que suceda la falla).

- **D:** nivel de detección (probabilidad de que no se detecte la falla antes de utilizar el equipo) [10].

Se les otorga un valor del 1 a 10 a cada modo de fallo de S, O y D. Ya que se haya puesto los valores a S, O y D, se debe multiplicar entre cada uno para encontrar NPR (número o índice de prioridad de la falla), y el resultado de este estará entre 1 y 1000 [10]:

$$NPR = S * O * D$$

Esto manifestará la importancia del fallo [10].

3. Priorizar los modos de fallo y buscar soluciones

Una vez obtenidos los datos de NPR para todos los fallos, se los categorizará de mayor a menor, donde los que tengan mayor NPR serán los que se tendrán que solventar más rápido [10].

1.3.7.1 Criterios NTP 679

Para la valoración de los modos de fallo se tomarán de la NTP: 679 que la podremos observar en anexos.

1.3.8 Análisis de criticidad

Para definir de un equipo o máquina, la criticidad se calcula dependiendo de la matriz de falla. Mediante esto se puede determinar que equipos o máquinas de una planta industrial son más propensos a fallar, así podemos tener los recursos suficientes para que no existan paros excesivos. Esta matriz dispone una norma de colores para el riesgo que puede tener los bienes de una industria [10]:

Criticidad	
Criticidad baja	color verde
Criticidad media	color amarillo
Criticidad alta	color rojo

Figura 17: Norma de color utilizado para definir el grado de criticidad. [10]

Se puede definir entre los equipos una relación acorde al vínculo entre costo de mantenimiento y productividad. Podemos indicar las categorías mediante el siguiente gráfico [10].

Categoría A	Se debe buscar la máxima disponibilidad de los equipos, pues son los más críticos
Categoría B	Se busca reducir los costos de mantenimiento sin que ocurra una catástrofe, pues los equipos son importantes.
Categoría C	El objetivo es reducir los costos de mantenimiento al mínimo, ya que los equipos son prescindibles.

Figura 18: Categorías de relación entre productividad y costo de mantenimiento. [10]

En el siguiente gráfico podemos demostrar las categorías cualitativas para los criterios de evaluación, los cuales son indispensables durante la producción de la industria y saber qué nivel de criticidad tiene cada uno de los equipos [10].

Núm.	Cliente	Categorías		
		A	B	C
1	Intercambiabilidad	Irreemplazable	Reemplazable	Intercambiable
2	Importancia producto.	Imprescindible	Limitante	Convencional
3	Régimen de operación	Producción continua	Producción de series	Producción alternativa
4	Nivel de utilización	Muy utilizable	Medio utilizable	Esporádico
5	Precisión	Alta	Mediana	Baja
6	Mantenibilidad	Alta complejidad	Media complejidad	Baja complejidad
7	Conservabilidad	Condiciones específicas	Estar protegido	Condiciones normales
8	Automatización	Muy automático	Semiautomático	Mecánico
9	Valor de la máquina	Alto	Medio	Bajo
10	Aprovisionamiento	Malo	Regular	Bueno
11	Seguridad	Muy peligroso	Medio peligroso	Sin peligro

Figura 19: Criterios para definir la criticidad del equipo. [10]

La criticidad se calcula de la siguiente manera:

$$Criticidad = Frecuencia de falla * Consecuencia$$

Donde:

MTTR: Tiempo medio de reparación

*Consecuencia = (nivel de producción * MTTR * Imppacto Producción) + Costos de Reparación + Impacto en Seguridad + Impacto Ambiental + Satisfacción del Cliente.*

Se debe usar los siguientes parámetros para realizar la tabla de ponderación de criticidad para los bienes de la industria y son los siguientes [12]:

- Frecuencia de fallas.
- Capacidad de producción.
- Seguridad.
- Impacto ambiente.
- Calidad de los productos.
- Costos de reparación.
- Tiempo promedio para reparar [12].

1.3.9 Bitácoras y gamas de mantenimiento

1.3.9.1 Bitácora de mantenimiento

La toma de datos para realizar la bitácora de mantenimiento es muy esencial, ya que cuenta como se ha comportado los equipos y máquinas de la industria y así podemos determinar que cuando se realiza el mantenimiento de estos, con qué frecuencia y que elementos están fallando. Esta bitácora también indica con qué frecuencia los técnicos de mantenimiento realizan su trabajo por día y así se puede valorar de manera física, a continuación, una bitácora de mantenimiento [10].

Nombre de la compañía					
Bitácora de Mantenimiento					
Equipo:		Marca:			
Departamento:		Número de inventario:			
Fecha de reporte	Descripción de la falla	Actividad realizada	Fecha de finalización	Responsable	Observaciones

Figura 20: Bitácora de mantenimiento. [10]

1.3.9.2 Gamas de mantenimiento

Las gamas de mantenimiento son listados de actividades que se va a aplicar a un equipo o máquina de una industria, a continuación, se detallara que debe contener en una gama de mantenimiento [13]:

- El equipo donde se realizará la actividad.
- Descripción de actividad a realizarse.
- Resultado.
- Valor de referencia [13].

1.3.9.2.1 Gamas diarias

Es este tipo de gamas diarias, son las que se puede realizar de una manera sencilla, ya que es el control visual (ruidos, vibraciones, fugas) y actividades pequeñas como puede ser engrases o limpiezas. Este se puede realizar con los equipos y máquinas en funcionamiento porque ayudan a que tengan un buen funcionamiento día a día [13].

A continuación, se presentará un ejemplo de una gama diaria:

		GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	FRECUENCIA: DIARIA	CODIGO GAMA
		INSPECCION GENERAL DIARIO	EDICION	Esp.:
			FECHA 31-05-11	Hoja :10.00 A.M.
Sistema a inspeccionar o revisar: SISTEMA NEUMATICO				
OPERARIO: MARLON INGA ZAMBRANO			FECHA 31-05-11	
HORA INICIO:		HORA FINAL:		T. NORMAL:
HERRAMIENTAS: tester, destornilladores, llaves bristol				
EQUIPOS DE PROTECCION.				
RIESGOS DE TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS				
MATERIALES			CODIGO	
MATERIALES				
EQUIPO		DESCRIPCION		RESULTADO
Valvula de distribucion	INSPECCION VISUAL DE MEDIDORES		bien	
	AUSENCIA DE RUIDOS		bien	
	CONTROL DE FUGAS			mal
	INSPECCION VISUAL DE DE CONEXIONES		bien	
	INSPECCION DE COMPONENTES			mal
SERVO VALVULA	INSPECCION VISUAL		bien	
	AUSENCIA DE RUIDOS		bien	
	CONTROL DE FUGAS		bien	
	INSPECCION VISUAL DE CONEXIONES HID.		bien	
	INSPECCION VISUAL DE CONEXIONES ELEC.		bien	
	TOMA DE VALORES MULTIMETRO		bien	

Figura 21: Gama de mantenimiento diario. [13]

1.3.9.2.2 Gamas semanales y mensuales

Este tipo de gamas es más complejo, ya que no se pueden realizar diariamente, por el hecho de que se debe realizar actividades en donde se debe parar las máquinas para hacer un desmontaje para limpiezas o reparaciones de elementos internos [13].

1.3.9.2.3 Gamas anuales

Este tipo de gamas anuales son las que no requieren reparaciones con tiempos cortos, ya que realiza actividades como cambios de rodamientos, limpiezas interiores de una bomba, revisión de sensores, etc., lo que para realizar este tipo de actividades es necesario la para de la máquina o equipo durante varios días y esto se debe planificar cuando sea el mejor momento para llevarlo a cabo [13].

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1 Materiales y recursos

2.1.1 Recursos Humanos

- Estudiante de la Universidad Técnica de Ambato, Sr. Luis Antonio Daza Pepinós
- Gerente General de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad de Otavalo
- Director técnico
- Tutor del proyecto de investigación, Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano
- Miembros de la unidad de titulación de la Carrera de Ingeniería Mecánica

2.1.2 Recursos Institucionales

- Biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
- Instalaciones de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad de Otavalo

2.1.3 Recursos Materiales

- Laptop Toshiba
- Materiales de oficina
- Manuales de equipos
- Calculadora Casio
- Norma NTP 679
- Impresora
- Casco
- Mandil

2.1.4 Recursos Económicos

Tabla 1: Recursos Económicos

Descripción	Cantidad	Total
Transporte	1	\$150
Artículos de oficina	1	\$100
Internet	1	\$80
Laptop	1	\$650
Alimentación	1	\$180
Imprevistos	1	\$100
Impresiones	1	\$120
Total		\$1380

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Explicativo

Se emplea esta investigación, ya que responde al problema del porqué realizar un mantenimiento preventivo a la estación de bombeo y, además, que permite manifestar las causas para lograr un resultado para una solución eficiente [14, 15].

2.2.2 Descriptivo

Se utiliza esta indagación porque a través de ella se puede decidir los parámetros y las características del plan, de tal manera que, se logra decidir las actividades que se deben de dirigir en el mismo [14, 15].

2.2.3 Deductivo

Se considera esta investigación debido a que comienza de un análisis de datos de manera general, para, posteriormente, producir resultados y conclusiones particulares que abarque la información recopilada en la investigación [14, 15].

2.3 Diagrama del flujo

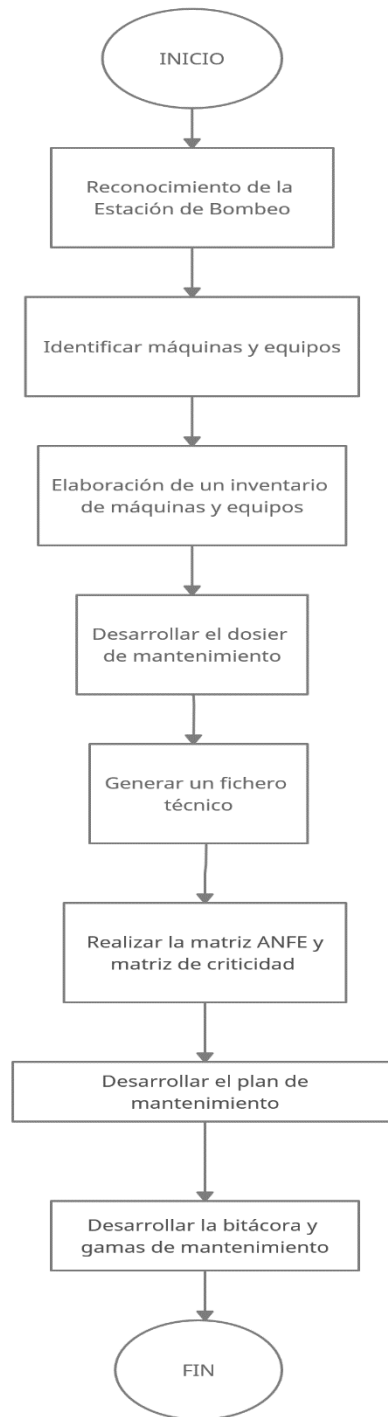


Figura 22: Diagrama de flujo para desarrollar el plan de mantenimiento preventivo

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Recolección de datos

La EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO EMAPAO-EP está ubicada en la ciudad de Otavalo, esta empresa está dedicada realizar la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado cumpliendo los objetivos de la empresa por la cual fue creada de forma eficiente, equilibrada y de calidad. Debido a que esta es una empresa pública y que se ha hecho un acuerdo de confidencialidad en la realización de los planos de las máquinas, solo serán planos generales.

3.1.1 Inventario de máquinas

Tabla 2: Inventario de máquinas

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO			
"ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO"			
Lugar: Ciudad de Otavalo, barrio La Fuente de Punyaro calle Obrajes, entre Autovía E35 y Calle Sucre e-mail: info@emapao.gob.ec Teléfonos: (06)2 928 390 / (06)2 928 005			
N°	Máquina/Equipo	Código	Ubicación
1	Motor-Bomba 65HP	EBP-MB-01	E.B. Punyaro
2	Motor-Bomba 50HP	EBP-MB-02	E.B. Punyaro
3	Motor-Bomba 50HP	EBP-MB-03	E.B. Punyaro
4	Motor-Bomba 30HP	EBP-MB-04	E.B. Punyaro
5	Motor-Bomba 60 HP	EBP-MB-05	E.B. Punyaro
6	Tablero eléctrico de control	EBP-TEC-01	E.B. Punyaro
7	Tablero eléctrico de control	EBP-TEC-02	E.B. Punyaro
8	Tablero eléctrico de control	EBP-TEC-03	E.B. Punyaro
9	Tablero eléctrico de control	EBP-TEC-04	E.B. Punyaro
10	Generador Eléctrico	EBP-GE-01	E.B. Punyaro

3.2 Dossier de máquinas

3.2.1 Fichas técnicas

Tabla 3: Motor-Bomba 65HP

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO				
Estación de Bombeo de Punyaro				
Departamento Técnico				
Ficha Técnica	N°	1		
Características Generales				
Motor-Bomba 65HP				
Código	EBP-MB-01			
Marca	Siemens			
N° de serie	CO-040755-J14			
Modelo	1LE2225-3DA21-6AA3-Z B09 + D05 + D80			
Color	Azul			
Procedencia	México			
Ubicación	E.B. Punyaro			
Año de elaboración	-			
Características Técnicas				
Voltaje	230-460 v	Eficiencia	94,1	Función Transferir energía a un líquido para permitir su transporte.
Frecuencia	60 Hz	Factor de servicio	1,15	
Potencia	75 HP	Peso motor	402,8 Kg	
Corriente Nominal	172-86 A	Aislamiento	Clase F (155°C)	
Velocidad Nominal	3565 rpm	Material	Hierro	
Torque Nominal	149.81 Nm	Factor de potencia	0,88	
Corriente de arranque (Ia/In)	6.31			

Tabla 4: Motor-Bomba 50HP

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO				
Estación de Bombeo de Punyaro				
Departamento Técnico				
Ficha Técnica	N°	2		
Características Generales				
Motor-Bomba 50HP				
Código	EBP-MB-02			
Marca	Siemens			
N° de serie	CO-040754-J14			
Modelo	1LE2225-3BA21-6AA3-Z B09 + D05 + D80			
Color	Azul			
Procedencia	México			
Ubicación	E.B. Punyaro			
Año de elaboración	-			
Características Técnicas				
Voltaje	230-460 v	Eficiencia	93,6	Función Transferir energía a un líquido para permitir su transporte.
Frecuencia	60 Hz	Factor de servicio	1,15	
Potencia	50 HP	Peso motor	269 Kg	
Corriente Nominal	172-86 A	Aislamiento	Clase F (155°C)	
Velocidad Nominal	3535 rpm	Material	Hierro	
Torque Nominal	100,72 Nm	Factor de potencia	0,91	
Corriente de arranque (Ia/In)	6,6			

Tabla 5: Motor-Bomba 50HP

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO				
Estación de Bombeo de Punyaro				
Departamento Técnico				
Ficha Técnica	N°	3		
Características Generales				
Motor-Bomba 50HP				
Código	EBP-MB-03			
Marca	Siemens			
N° de serie	CO-040753-14			
Modelo	W22 IR3 Premium 50 cv 4P 200L 3F 220/380/440 V			
Color	Azul			
Procedencia	Brasil			
Ubicación	E.B. Punyaro			
Año de elaboración	-			
Características Técnicas				
Voltaje	220/380/440 V	Eficiencia	94,5	Función Transferir energía a un líquido para permitir su transporte.
Frecuencia	60 Hz	Factor de servicio	1,25	
Potencia	50 HP			
Corriente Nominal	122/70.9/61.2 A	Peso motor	269 kg	
Rotación nominal	1775 rpm	Aislamiento	Clase F	
Torque Nominal	20.3 kgfm	Material	Hierro	
Corriente de arranque (Ia/In)	6,4	Factor de potencia	0,84	

Tabla 6: Motor-Bomba 30HP

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO				
Estación de Bombeo de Punyaro				
Departamento Técnico				
Ficha Técnica	N°	4		
Características Generales				
Motor-Bomba 30HP				
Código	EBP-MB-04			
Marca	Siemens			
N° de serie	CO-040752-14			
Modelo	W22 IR3 Premium 30 cv 2P 160L 3F 220/380/440 V			
Color	Azul			
Procedencia	Brasil			
Ubicación	E.B. Punyaro			
Año de elaboración	-			
Características Técnicas				
Voltaje	220/380/440 V	Eficiencia	91,7	Función Transferir energía a un líquido para permitir su transporte.
Frecuencia	60 Hz	Factor de servicio	1,25	
Potencia	30 HP			
Corriente Nominal	73.2/42.4/36.6 A	Peso motor	145 kg	
Rotación nominal	3550 rpm	Aislamiento	Clase F	
Torque Nominal	6,04 kgfm	Material	Hierro	
Corriente de arranque (Ia/In)	9	Factor de potencia	0,86	

Tabla 7: Motor-Bomba 60 HP

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO				
Estación de Bombeo de Punyaro				
Departamento Técnico				
Ficha Técnica	N°	5		
Características Generales				
Motor-Bomba 60 HP				
Código	EBP-MB-05			
Marca	Weg			
N° de serie	CO-040753-14			
Modelo	W22 IR3 Premium 50 cv 4P 200L 3F 220/380/440			
Color	Azul			
Procedencia	Brasil			
Ubicación	E.B. Punyaro			
Año de elaboración	-			
Características Técnicas				
Voltaje	220/380/440 V	Eficiencia	94,5	Función Transferir energía a un líquido para permitir su transporte.
Frecuencia	60 Hz	Factor de servicio	1,25	
Potencia	60 HP			
Corriente Nominal	122/70.9/61.2 A	Peso motor	269 kg	
Rotación nominal	1775 rpm	Aislamiento	Clase F	
Torque Nominal	20,3 kgfm	Material	Hierro	
Corriente de arranque (Ia/In)	6,4	Factor de potencia	0,84	

Tabla 8: Tablero eléctrico de control 1



EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO				
Estación de Bombeo de Punyaro				
Departamento Técnico				
Ficha Técnica	N°	6		
Características Generales				
Tablero eléctrico de control				
Código	EBP-TEC-01			
Marca	Oriom			
N° de serie	DG4-15-002-0012			
Modelo	-			
Color	Plomo			
Procedencia	-			
Ubicación	E.B. Punyaro			
Año de elaboración	-			
Características Técnicas				
Potencia (Hp)	70	Dimensiones (mm)		Función Controlar los sistemas de energía a través de dispositivos de conexión.
Corriente (Amp)	180	Alto	800	
Graduación (Amp)	32 - 115	Ancho	600	
Equipo de Protección	Interruptor + relé de Sobrecarga	Profundo	300	
Control / Arranque:	Estrella triángulo / Contactores			

Tabla 9: Tablero eléctrico de control 2

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO				
Estación de Bombeo de Punyaro				
Departamento Técnico				
Ficha Técnica	N°	7		
Características Generales				
Tablero eléctrico de control 2				
Código	EBP-TEC-02			
Marca	Oriom			
N° de serie	DG4-15-002-0011			
Modelo	-			
Color	Plomo			
Procedencia	-			
Ubicación	E.B. Punyaro			
Año de elaboración	-			
Características Técnicas				
Potencia (Hp)	50	Dimensiones (mm)		Función
Corriente (Amp)	148	Alto	800	
Graduación (Amp)	32 - 115	Ancho	600	
Equipo de Protección	Interruptor + relé de Sobrecarga	Profundo	300	
Control / Arranque:	Estrella triángulo / Contactores			

Tabla 10: Tablero eléctrico de control 3



EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO				
Estación de Bombeo de Punyaro				
Departamento Técnico				
Ficha Técnica	N°	8		
Características Generales				
Tablero eléctrico de control 3				
Código	EBP-TEC-03			
Marca	Oriom			
N° de serie	DG4-15-002-0010			
Modelo	-			
Color	Plomo			
Procedencia	-			
Ubicación	E.B. Punyaro			
Año de elaboración	-			
Características Técnicas				
Potencia (Hp)	80	Dimensiones (mm)		Función
Corriente (Amp)	220	Alto	1200	
Graduación (Amp)	50 - 200	Ancho	800	
Equipo de Protección	Interruptor + relé de Sobrecarga	Profundo	300	
Control / Arranque:	Estrella triángulo / Contactores			

Tabla 11: Tablero eléctrico de control 4

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO				
Estación de Bombeo de Punyaro				
Departamento Técnico				
Ficha Técnica	N°	9		
Características Generales				
Tablero eléctrico de control 4				
Código	EBP-TEC-04			
Marca	Oriom			
N° de serie	DG4-15-002-0009			
Modelo	-			
Color	Plomo			
Procedencia	-			
Ubicación	E.B. Punyaro			
Año de elaboración	-			
Características Técnicas				
Potencia (Hp)	60	Dimensiones (mm)		Función
Corriente (Amp)	168	Alto	800	Controlar los sistemas de energía a través de dispositivos de conexión.
Graduación (Amp)	32 - 115	Ancho	600	
Equipo de Protección	Interruptor + relé de Sobrecarga	Profundo	300	
Control / Arranque:	Estrella triángulo / Contactores			

Tabla 12: Generador Eléctrico

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO				
Estación de Bombeo de Punyaro				
Departamento Técnico				
Ficha Técnica	N°	10		
Características Generales				
Generador Eléctrico				
Código	EBP-GE-01			
Marca	Magnapuls			
N° de serie	WA-542308-1104			
Modelo	431PSL6206			
Color	Azul			
Procedencia	USA			
Ubicación	E.B. Punyaro			
Año de elaboración	-			
Características Técnicas				
Potencia S (KVA)	110	Dimensiones		Función
Potencia P (KVA)	105	Largo	3000	Transformar la energía mecánica en energía eléctrica.
Tanque (litros)	350	Ancho	1770	
Consumo (L/h)	18,4 - 12,3 - 24,5	Alto	1150	
50% - 75% - 100%				
Peso (kg)	1690			

3.2.2 Lista de componentes principales

Tabla 13: Componentes principales de las Motor-Bombas

N.º	Componente de Generador eléctrico	Función
1	Filtro de aceite	Mantener el sistema de lubricación libre de impurezas que pueden acabar dañando el motor
2	Filtro de aire	Impedir que elementos como tierra, suciedad, polvo, insectos y otros contaminantes lleguen al motor
3	Filtro de combustible	Evitar que las impurezas lleguen al motor a través del combustible
4	Cableado eléctrico	Transportar la energía eléctrica de un punto a otro
5	Balero (punta no propulsora)	Soportar elementos del generador para facilitar la rotación
6	Cubierta de entrada de aire	Permitir la ventilación del generador eléctrico
7	Rotor excitador	Guiar la acción de rotación
8	Estator excitador	Transmitir la potencia del motor
9	Tablero de conexión	Proteger los elementos principales de un circuito eléctrico
10	Armazón del generador	Proteger los elementos del generador eléctrico
11	Estator principal	Transmitir la potencia del motor
12	Rotor principal	Guiar la acción de rotación
13	Abanico	Convertir energía eléctrica en mecánica para generar aire
14	Soporte final (eje trasero)	Soportar el eje
15	Balero (eje trasero)	Soportar elementos del generador para facilitar la rotación
16	Eje	Guiar la rotación de un elemento
17	Llave	Abrir y cerrar la energía eléctrica del generador eléctrico
18	Pernos	Anclar elementos del motor
19	Paradas de emergencia de contacto sostenido	Interrumpir el suministro de energía cuando se emplea presión y para volver a su posición nominal se debe presionar de nuevo
20	Aislante de vibraciones	Reducir las fuerzas producidas por una máquina

Tabla 14: Componentes principales de tablero eléctrico de control

N.º	Componente de Tablero eléctrico de control	Función
1	Contactores	Apertura y cierre de circuitos eléctricos, mediante la conexión y desconexión de sus contactos a través de una señal externa
2	Relés térmicos	Proteger a los motores en caso de sobrecargas y recalentamientos causados generalmente por sobretensiones
3	Sensores de temperatura	Detectar y responder a algún tipo de información de temperatura del entorno físico.
4	Potenciómetros	Controlar la intensidad de corriente a lo largo de un circuito conectándolo en paralelo o la caída de tensión al conectarlo en serie.
5	Interruptor diferencial ID	Proteger a las personas de accidentes provocados por el contacto con las partes energizadas de la instalación.
6	Llave térmica	Proteger a la instalación contra cortocircuitos (magnético) y sobrecargas (térmico).
7	Protector electrónico de sobre y baja tensión	Interrumpir la alimentación eléctrica de la bobina del contactor cuando existe caídas de tensión
8	Circuito electromagnético	Transformar la electricidad en magnetismo
9	Bobina	Generar un campo magnético cuando se le aplica tensión
10	Núcleo	Concretar y aumentar el flujo magnético
11	Armadura	Cerrar el campo magnético cuando se energiza la bobina
12	Elementos de protección	Proteger el motor y el circuito de desperfectos por el paso de corriente con alta intensidad
13	Guarda motor	Proteger térmicamente a los motores y en los cuales circula corriente absorbida por el motor
14	Elementos de señalización acústica	Llamar la atención mediante señales apreciables para el oído
15	Elementos de señalización óptica visuales	Llamar la atención mediante señales apreciables para la vista mediante símbolos indicativos
16	Elementos de señalización ópticas luminosos	Llamar la atención mediante señales apreciables para la vista mediante lámparas de diferentes colores
17	Paradas de emergencia de contacto momentáneo	Interrumpir el suministro de energía cuando se emplea presión y vuelve a su posición nominal

N.º	Componente de Tablero eléctrico de control	Función
18	Paradas de emergencia de contacto sostenido	Interrumpir el suministro de energía cuando se emplea presión y para volver a su posición nominal se debe presionar de nuevo
19	Transformador de intensidad	Transformar corriente de la línea y reducirla un nivel seguro y medible.
20	Variador de frecuencia	Regular la velocidad de los motores eléctricos

Tabla 15: Componentes principales de generador eléctrico

N.º	Componente de Generador eléctrico	Función
1	Filtro de aceite	Mantener el sistema de lubricación libre de impurezas que pueden acabar dañando el motor
2	Filtro de aire	Impedir que elementos como tierra, suciedad, polvo, insectos y otros contaminantes lleguen al motor
3	Filtro de combustible	Evitar que las impurezas lleguen al motor a través del combustible
4	Cableado eléctrico	Transportar la energía eléctrica de un punto a otro
5	Balero (punta no propulsora)	Soportar elementos del generador para facilitar la rotación
6	Cubierta de entrada de aire	Permitir la ventilación del generador eléctrico
7	Rotor excitador	Guiar la acción de rotación
8	Estator excitador	Transmitir la potencia del motor
9	Tablero de conexión	Proteger los elementos principales de un circuito eléctrico
10	Armazón del generador	Proteger los elementos del generador eléctrico
11	Estator principal	Transmitir la potencia del motor
12	Rotor principal	Guiar la acción de rotación
13	Abanico	Convertir energía eléctrica en mecánica para generar aire

N.º	Componente de Generador eléctrico	Función
14	Soporte final (eje trasero)	Soportar el eje
15	Balero (eje trasero)	Soportar elementos del generador para facilitar la rotación
16	Eje	Guiar la rotación de un elemento
17	Llave	Abrir y cerrar la energía eléctrica del generador eléctrico
18	Pernos	Anclar elementos del motor
19	Paradas de emergencia de contacto sostenido	Interrumpir el suministro de energía cuando se emplea presión y para volver a su posición nominal se debe presionar de nuevo
20	Aislante de vibraciones	Reducir las fuerzas producidas por una máquina

Para las condiciones de servicio, instrucciones de uso y de montaje, seguridad industrial y esquemas se ha tomado información de los catálogos realizados por los fabricantes de las máquinas.

3.3 Motor-Bombas

3.3.1 Condiciones de servicio

3.3.1.1 Arranque inicial

Una de las condiciones que especifica la marca es que no se realicen muchos arranques ni en frío ni en caliente porque esto puede ocasionar sobrecalentamientos. Se tiene que tomar en cuenta que, para dar un arranque inicial, que las conexiones de cableado estén en perfecto estado, se debe controlar el suministro de energía, verificar que la lubricación esté correcta en los cojinetes y que el reservorio esté lleno de aceite [16].

3.3.1.2 Sistema de circulación de aceite

Se debe llenar los recipientes a un nivel normal, se debe encender el sistema de circulación de aceite para poder encender el motor [16].

3.3.1.3 Variación de tensión / frecuencia

Para que los motores funcionen adecuadamente, el desequilibrio de tensión no debe superar el 1%, la variación de frecuencia no debe estar ni más alto ni más bajo del 5% de la frecuencia nominal y que la suma de estas no debe superar el 10% de valores nominales [16].

3.3.2 Instrucciones de montaje y uso

3.3.2.1 Instalación

Para la colocación de la bomba tiene que estar junto con los accesorios y de forma independiente debido a que no afecte a la bomba con generación, fuerzas o tensiones, esta debe ser colocada para que las conexiones de succión y descarga estén ensambladas directamente [17].

3.3.2.1.1 Cimentación

Las bombas deben estar colocadas en bases sólidas de preferencia de concreto. Para la colocación de la base de concreto antes se debe instalar los anclajes al suelo con las medidas exactas de las bombas, se debe dejar la superficie rugosa para que en la colocación del mortero de cemento tenga mayor fijación. Para el montaje del equipo se debe tener nivelado el equipo y así se procede a ajustar los pernos del equipo. Ya cuando se tiene nivelado el equipo se hace un vaciado de mortero que significa rellenar los espacios huecos y así no tener bolsas de aire [17].

3.3.2.1.2 Tuberías

Para la instalación de las tuberías se debe dejar secar completamente el mortero, apretado los pernos y que tenga una alineación perfecta el equipo. Las tuberías deben tener soportes para que así no generen esfuerzos extras a las bridas. Las tuberías de succión por recomendación deben ser de mayor diámetro que la de las de la bomba. Para la instalación de las tuberías de descarga, estas deben venir acompañadas de una válvula check y una válvula de compuerta, y así evitar el retorno del agua y evitar el aumento de presión [17].

3.3.2.2 Puesta en marcha

3.3.2.2.1 Cebado de la bomba

Para el arranque de la bomba se debe realizar necesariamente un cebado de la caja de la bomba como también de la tubería, estas deben llenarse de agua completamente para

iniciar el arranque, el agua actúa como lubricante de elementos rotatorios, si se da inicio en seco la bomba puede generar daños importantes. Para el tipo de instalación se debe tomar en cuenta lo siguiente [17]:

- **Instalaciones con succión positiva**

Para cuando tenemos que el eje de la bomba está por debajo del nivel del líquido, se debe realizar el cebado destapando la válvula de succión y en la caja se abre la conexión de purga de aire [17].

- **Instalaciones con succión negativa**

Para cuando el eje se encuentra sobre el nivel del líquido, el cebado debe realizarse en la tubería de succión llenándola de agua y también la caja de la bomba [17].

3.3.2.2 Revisión final

Para la revisión final se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Debe estar correctamente instalada la bomba con su alineamiento, apretado los pernos.
- Deben girar independientemente las partes rotativas.
- Se deben regular los pernos de la prensa estopa para que exista un goteo y así lubricar y enfriar los empaques.
- Debe estar abierta la caja de sellado de la prensa estopa y al momento de la descarga esta tiene una mayor presión.
- No debe haber residuos en los reservorios de succión.
- Se debe contar con los elementos de protección adecuados en el tablero eléctrico [17].

3.3.2.3 Arranque de la bomba

1. Una vez cebada la bomba, casi cerrada la válvula de descarga y abierta la válvula de succión, se procede a arrancar.
2. Para evitar el golpe de ariete se abre despacio la descarga.
3. Ya puesta en marcha en el caso de que incrementa la presión es debido a que aún tiene aire se debe apagar y cebarla.
4. Se debe vigilar los parámetros de operación [17].

3.3.2.3 Parada

Solo basta detener la bomba cuando esta cuenta con una válvula contra golpe de ariete [17].

3.3.2.4 Verificación inicial del funcionamiento

3.3.2.4.1 Temperatura de los rodamientos

Los factores que se debe tener en cuenta para la temperatura de los soportes de los rodamientos son:

- Temperatura ambiente
- Alineamiento
- Templado de fajas
- Punto de operación de la bomba
- Cantidad de grasa
- Calidad de la grasa [17].

3.3.2.4.2 Regulación de los prensaestopas

Esto trata de evitar que el líquido bombeado tenga una fuga y a lo largo del eje rechazar la entrada de aire [17].

3.3.2.4.3 Bombas con sello mecánico

Este sello mecánico viene colocado desde fábrica, por lo que no necesita ningún tipo de regulación [17].

3.3.2.4.4 Recomendaciones de operación

- Nunca se debe ahogar la tubería de succión de la bomba, ya que puede provocar cavitación, es más factible ahogar la tubería de descarga, puesto que ahí no habría ningún problema.
- No se debe utilizar la bomba con caudales inferiores al requerido.
- No debe tener vibraciones cuando se ponga en marcha la bomba [17].

3.3.2.5 Precauciones generales

- No se debe usar calor para desmontar la bomba, ya que puede originar una explosión por los fluidos atapados.
- Si no se tiene instalado un acoplamiento, no se debe usar la bomba.
- Si la bomba está en seco o está sin cebar, no se debe poner en marcha la bomba.

- Se debe cortar la energía de la bomba cuando se realice un mantenimiento.
- Si no están instalados los dispositivos de seguridad no se debe poner en marcha la bomba.
- Si la válvula de descarga y de aspiración están cerradas, no se debe poner en marcha la bomba.
- Se debe usar equipo de seguridad como: guantes de trabajo requeridos para la función adecuada, gafas de seguridad, zapatos con puntas de acero.
- Debido al peso de los elementos de la bomba se debe elevar con cuidado para que estos no sufran daños graves.
- Para la manipulación de los elementos de la bomba se requiere que se enfríe para evitar graves lesiones.

3.3.3 Seguridad industrial

Debido a que estos equipos trabajan a altas tensiones, se debe tener cuidado ya que se pueden dañar bienes, daños físicos graves o incluso la muerte, por lo que se debe seguir instrucciones de uso [16].

Por lo cual solo debe utilizar personal calificado porque estos deben contar con la autorización para la manipulación de estos equipos bajo normas de seguridad establecidas. Los equipos no deben entrar en funcionamiento cuando cuenten con valores que superen los especificados en las placas de identificación colocadas por el fabricante [16].

3.3.4 Esquemas eléctricos

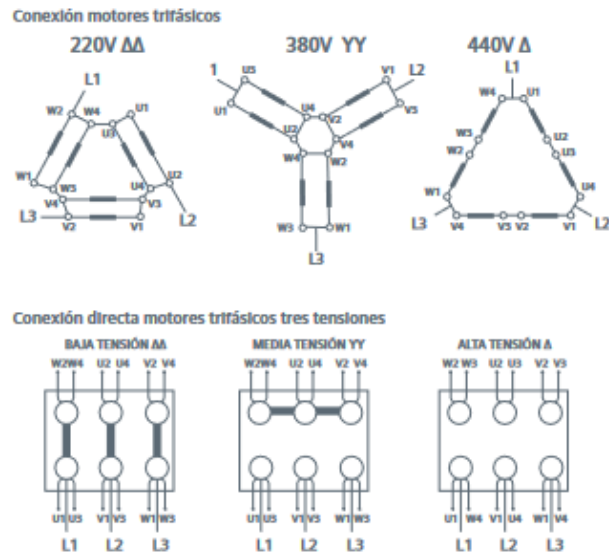


Figura 23: Conexiones eléctricas para arranque del motor. [16]

3.4 Generador eléctrico

3.4.1 Condiciones de servicio

3.4.1.1 Regulación de voltaje

Para que exista una salida controlada de voltaje se encarga el regulador automático, lo que hace que no sobrepase el punto de referencia interno que está decretado y así poder suministrar el voltaje DC para que el generador se mantenga con un voltaje terminal constante [18].

3.4.1.2 Encendido del motor

Cuando un motor es encendido con la ayuda de un generador eléctrico, se debe tomar en cuenta que este tendrá una pérdida de velocidad, lo que equivaldría entre 5 y 10 veces una carga completa. Cuando el generador debe proporcionar energía a un motor más grande, esto puede ocasionar que el voltaje se reduzca en un treinta por ciento [18].

3.4.1.3 Operación paralela

Para que la operación paralela, los generadores magnaplus están fabricados de embobinados de 2/3 en el estator principal y embobinados completos en el regulador [18].

3.4.1.4 Cargas no lineales

Por el uso de interruptores electrónicos, los culés sirven para la utilización de artefactos de control electrónico de estado sólido, por lo que estos pueden generar calor extra a los embobinados del generador y esto puede provocar que se sobrecaliente el generador, pero esto no quiere decir que solo se afecta el generador, sino también varias de las cargas que estén conectadas [18].

3.4.2 Instrucciones de montaje y uso

3.4.2.1 Preparación para su uso

Independientemente que el productor del generador haya revisado y realizado pruebas se recomienda que antes de la instalación se debe revisar si todos los pernos están ajustados, verificar los aislamientos en los alambres, que no haya fricción [18].

3.4.2.2 Montaje del generador

Para el acoplamiento del eje del generador se necesita atornillar al eje discos de transmisión de acero especiales y así se puede acoplar al volante del motor. En la fuente de arranque consta de agujeros los cuales sirven para acoplar los discos acopladores, para esto se recomienda colocar tornillos grado 8 y arandelas endurecidas [18].

3.4.2.3 Prueba del juego axial del eje

Debido a una mala verificación del juego axial, esto puede provocar que el eje del generador no se mueva libremente, lo que ocasionaría que el empuje del balero tenga una vida más corta y esto presenta problemas como la mala alineación de los discos de transmisión en el volante por un asentamiento, una fricción entre el volante del motor con el armazón del generador [18].

3.4.2.4 Vibración de torsión

Se puede encontrar vibración en todos los sistemas vibratorios, por lo que es esencial una revisión constante, ya que esto puede ocasionar problemas en velocidades críticas como puede ser daños al generador, transmisión [18].

3.4.2.5 Consideraciones al medio ambiente

Los generadores están diseñados para trabajos en industrias, pero la tierra, humedad, el calor y las vibraciones afectan a la vida útil de este, por lo que se debe tomar recomendaciones del fabricante para cuando se esté usando en ambientes fríos

calurosos o incluso con polvo, por lo cual se debe proteger con una caja con ventiladores o filtros dependiendo el ambiente [18].

3.4.3 Seguridad industrial

Se debe tomar en cuenta el manual de instalación, operación y mantenimiento del generador, ya que es muy importante para la seguridad del operador y la seguridad de los equipos. Para la realización de mantenimiento se debe cortar fuentes de alimentación y se debe cerrar los controles de encendido para prevenir que el generador entre en funcionamiento, también la conexión a tierra debe estar conectada adecuadamente según las normas eléctricas locales. Se debe revisar la conexión de los cables del generador al tablero para poder encender, una vez que el eje se encuentre girando debe tener precaución que en los terminales se debe asumir que existe voltaje [18].

3.4.4 Esquemas

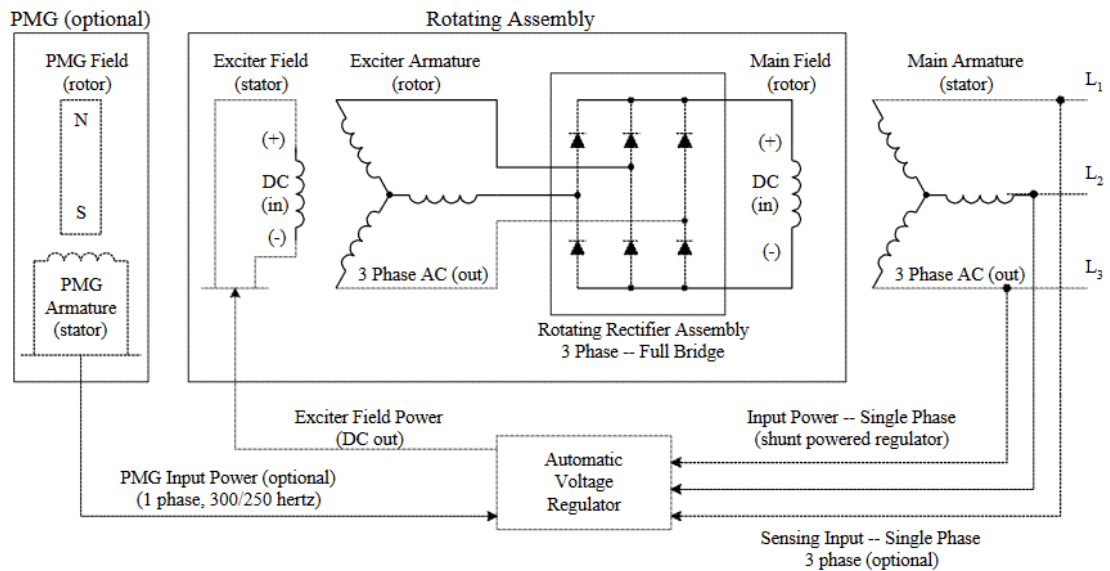


Figura 24: Esquema del circuito Magnaplex. [18]

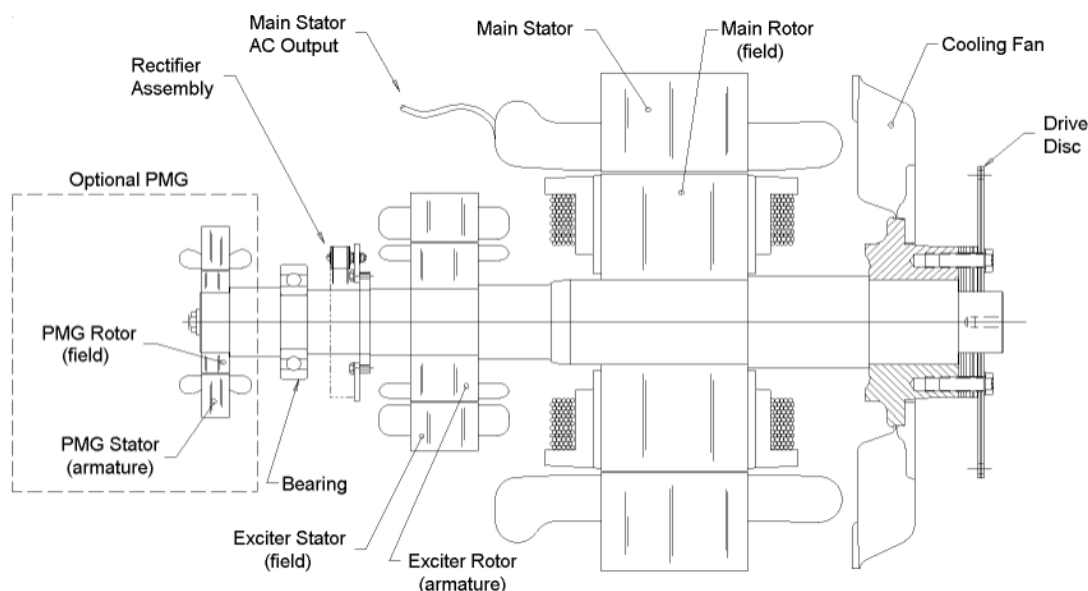


Figura 25: Presentación de un típico esquema Magnapuls. [18]

3.5 Tableros de control

3.5.1 Condiciones de servicio

3.5.1.1 Inspección visual

Se debe verificar las placas de identificación de los equipos para comprobar si los equipos están colocados correctamente, también se debe controlar si existen elementos faltantes, elementos desconectados o cables en mal estado [19].

3.5.1.2 Pruebas dieléctricas

Para realizar esta prueba se deben desconectar los elementos que puedan sufrir daño, debido a que se debe someter a una prueba dieléctrica de 1.500 Voltios VCA.a. que será durante un minuto [19].

3.5.1.3 Pruebas de producción

Se realizará pruebas en las barras de los tableros, controles en cada unidad, comprobar la continuidad en cada punto, se probará el funcionamiento de todos los elementos como medidores, relés y demás equipos [19].

3.5.1.4 Pruebas funcionales

Esta prueba se realizará a todos los dispositivos eléctricos en donde se imitará una operación real para probar que estén funcionando adecuadamente [19].

3.5.1.5 Inspección mecánica

Se debe realizar una verificación mecánica del tablero para que todos los elementos estén asegurados [19].

3.5.1.6 Pruebas sísmicas

Se realiza pruebas sísmicas en los relés de acuerdo a la norma ANSI-IEEE C37-98 [19].

3.5.2 Instrucciones de montaje y uso

3.5.2.1 Estructuras

Los tableros serán fabricados de lámina de acero, los cuales deben tener ventilas, pero con protección para evitar el ingreso de insectos que puedan afectar al funcionamiento de los elementos [19].

3.5.2.2 Puesta a tierra

Se debe instalar una barra de cobre que estará enterrada en la tierra y deberá estar conectada al panel para que tenga un buen contacto eléctrico, estas partes de conexión deben estar tratadas para evitar una futura corrosión, las barras pueden tener una dimensión de 25x6,5 mm [19].

3.5.2.3 Alambrado y conexionado

Los cables de conexión deberán ser tratados para que sean anti flama y probado contra moho, también no será permitido que los cables estén empalmados, será necesario etiquetar cada cable de conexión a cada elemento [19].

3.5.3 Seguridad industrial

Los tableros de control son los encargados de resguardar todos los elementos de protección y comando, debido a que estos cuentan con corriente eléctrica, se debe tener precaución y optar con medidas de seguridad. Debido a que se trabaja con relés trifásicos, esto quiere decir que se debe tomar medidas para manipulación porque puede generar riesgos leves como muy altos. Se debe optar con señalización de los elementos como interruptores y botones de emergencia. Se debe desconectar el paso de corriente para realizar mantenimiento y deben contar con la puesta a tierra [19].

3.5.4 Esquemas



Figura 26: Esquema de tableros con y sin puesta a tierra. [19]

3.6 Hojas de mantenimiento

Aquí llevamos un registro de los mantenimientos que se ha realizado a los componentes de cada máquina o equipo en donde se evaluara la disponibilidad de cada máquina analizando MTTR, MTBF, tiempos de operación y de fallos durante 1 año donde:

MTBF: Mean Time Between Failures (Tiempo medio entre fallas).

MTTR: Mean Time To Repair (Tiempo medio de reparación).

λ : Tasa de fallos

μ : Tasa de reparación

To, TO: Tiempo de operación


TR: Tiempo de reparación

TM: Tiempo muerto

TP: Tiempo de para

Para la realización de las hojas de mantenimiento y parámetros de mantenimiento se tomó como referencia a una sola máquina, ya que existe motor-bombas de diferente potencia, pero se les realizará el mismo mantenimiento, al igual que pasa con los tableros eléctricos de control se tomará los datos de uno, puesto que el mismo mantenimiento se realizará a todos, en el programa en Excel contará con la información de todas las motor-bombas y tableros.

Tabla 16: Hoja de mantenimiento Motor-Bomba 65HP

 EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO "ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO"									
Elaborado por:	Luis Daza	Fecha de elaboración:	12/9/2021	Máquina:	Motor-Bomba 65HP			Código:	EBP-MB-01
MES	ACTIVIDADES		FECHA	DÍAS LABORABLES	HORAS DE TRABAJO DIARIA	To (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)
AGOSTO	Inspección rodamientos		16/8/2021	16	10	160	3,5	0,5	4
	Inspección prensa estopa								
	Inspección sello mecánico								
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba								
	Inspección rodamientos		30/8/2021	15	10	150	3	0,25	3,25
	Inspección prensa estopa								
	Inspección sello mecánico								
Inspección Alineamiento Motor-Bomba									
Fecha de inicio	1/8/2021		31/8/2021	31	10	310			7,25
SEPTIEMBRE	Inspección rodamientos		15/9/2021	15	10	150	3	0,25	3,25
	Inspección prensa estopa								
	Inspección sello mecánico								
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba		30/9/2021	15	10	150	2,5	0,375	2,875
	Inspección rodamientos								
	Inspección prensa estopa								

	Inspección sello mecánico							
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba							
Fecha de inicio	1/9/2021	30/9/2021	30	10	300			6,125
OCTUBRE	Inspección rodamientos	15/10/2021	15	10	150	3,25	0,5	3,75
	Inspección prensa estopa							
	Inspección sello mecánico							
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba	31/10/2021	16	10	160	2	0,125	2,125
	Inspección rodamientos							
	Inspección prensa estopa							
	Inspección sello mecánico							
Inspección Alineamiento Motor-Bomba								
Fecha de inicio	1/10/2021	31/8/2021	31	10	310			5,875
NOVIEMBRE	Inspección rodamientos	15/11/2021	15	10	150	2,25	0,25	2,5
	Inspección prensa estopa							
	Inspección sello mecánico							
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba	30/11/2021	15	10	150	2,5	0,25	2,75
	Inspección rodamientos							
	Inspección prensa estopa							
	Inspección sello mecánico							
Inspección Alineamiento Motor-Bomba								
Fecha de inicio	1/11/2021	30/11/2021	30	10	300			5,25
DICIEMBRE	Inspección rodamientos	15/12/2021	15	10	150	3,5	0,5	4


	Inspección prensa estopa							
	Inspección sello mecánico							
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba							
	Inspección rodamientos							
	Inspección prensa estopa							
	Inspección sello mecánico	31/12/2021	16	10	160	3	0,25	3,25
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba							
Fecha de inicio	1/12/2021	31/12/2021	31	10	310			7,25
	Inspección rodamientos							
	Inspección prensa estopa							
	Inspección sello mecánico	15/1/2022	15	10	150	3,25	0,375	3,625
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba							
ENERO	Inspección rodamientos							
	Inspección prensa estopa							
	Inspección sello mecánico	31/1/2022	16	10	160	3,5	0,25	3,75
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba							
Fecha de inicio	1/1/2022	31/12/2022	31	10	310			7,375
	Inspección rodamientos							
	Inspección prensa estopa							
	Inspección sello mecánico	15/2/2022	15	10	150	2,5	0,5	3
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba							
FEBRERO	Inspección rodamientos	28/2/2022	13	10	130	3,25	0,25	3,5

	Inspección prensa estopa							
	Inspección sello mecánico							
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba							
Fecha de inicio	1/2/2022	28/2/2022	28	10	280			6,5
MARZO	Inspección rodamientos	15/3/2022	15	10	150	3,75	0,25	4
	Inspección prensa estopa							
	Inspección sello mecánico							
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba	31/3/2022	16	10	160	3,25	0,125	3,375
	Inspección rodamientos							
	Inspección prensa estopa							
	Inspección sello mecánico							
Inspección Alineamiento Motor-Bomba								
Fecha de inicio	1/3/2022	31/3/2022	31	10	310			7,375
ABRIL	Inspección rodamientos	15/4/2022	15	10	150	4	0,375	4,375
	Inspección prensa estopa							
	Inspección sello mecánico							
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba	30/4/2022	15	10	150	3,25	0,25	3,5
	Inspección rodamientos							
	Inspección prensa estopa							
	Inspección sello mecánico							
Inspección Alineamiento Motor-Bomba								
Fecha de inicio	1/4/2022	30/4/2022	30	10	300			7,875

MAYO	Inspección rodamientos	15/5/2022	15	10	150	3,5	0,125	3,625
	Inspección prensa estopa							
	Inspección sello mecánico							
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba							
	Inspección rodamientos	31/5/2022	16	10	160	3	0,5	3,5
	Inspección prensa estopa							
	Inspección sello mecánico							
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba							
Fecha de inicio	1/5/2022	31/5/2022	31	10	310			7,125
JUNIO	Inspección rodamientos	15/6/2022	15	10	150	3,25	0,5	3,75
	Inspección prensa estopa							
	Inspección sello mecánico							
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba							
	Inspección rodamientos	30/6/2022	15	10	150	2	0,5	2,5
	Inspección prensa estopa							
	Inspección sello mecánico							
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba							
Fecha de inicio	1/6/2022	30/6/2022	30	10	300			6,25
JULIO	Inspección rodamientos	15/7/2022	15	10	150	2,5	0,375	2,875
	Inspección prensa estopa							
	Inspección sello mecánico							
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba							

	Inspección rodamientos	31/7/2022	16	10	160	2,5	0,5	3
	Inspección prensa estopa							
	Inspección sello mecánico							
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba							
Fecha de inicio	1/7/2022	31/7/2022	31	10	310			5,875

Tabla 17: Parámetros de mantenimiento Motor-Bomba 65HP

	EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO							
	"ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO"							
Elaborado por:	Luis Daza	Fecha de elaboración:	12/9/2021	Máquina:	Motor-Bomba 65HP	Código:	EBP-MB-01	
MES	ACTIVIDADES		MTBF (h)	MTTR (h)	γ	μ	DISPONIBILIDAD (%)	
AGOSTO	Inspección rodamientos		151,375	3,625	0,007	0,276	0,9766	97,66%
	Inspección prensa estopa							
	Inspección sello mecánico							
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba							
SEPTIEMBRE	Inspección rodamientos		146,938	3,063	0,007	0,327	0,9796	97,96%
	Inspección prensa estopa							
	Inspección sello mecánico							
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba							


	Inspección rodamientos						
	Inspección prensa estopa						
	Inspección sello mecánico						
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba						
OCTUBRE	Inspección rodamientos	152,063	2,938	0,007	0,340	0,9810	98,10%
	Inspección prensa estopa						
	Inspección sello mecánico						
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba						
	Inspección rodamientos						
	Inspección prensa estopa						
	Inspección sello mecánico						
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba						
NOVIEMBRE	Inspección rodamientos	147,375	2,625	0,007	0,381	0,9825	98,25%
	Inspección prensa estopa						
	Inspección sello mecánico						
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba						
	Inspección rodamientos						
	Inspección prensa estopa						
	Inspección sello mecánico						
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba						
DICIEMBRE	Inspección rodamientos	151,375	3,625	0,007	0,276	0,9766	97,66%
	Inspección prensa estopa						
	Inspección sello mecánico						
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba						
	Inspección rodamientos						

	Inspección prensa estopa						
	Inspección sello mecánico						
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba						
ENERO	Inspección rodamientos	151,313	3,688	0,007	0,271	0,9762	97,62%
	Inspección prensa estopa						
	Inspección sello mecánico						
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba						
	Inspección rodamientos						
	Inspección prensa estopa						
	Inspección sello mecánico						
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba						
FEBRERO	Inspección rodamientos	136,750	3,250	0,007	0,308	0,9768	97,68%
	Inspección prensa estopa						
	Inspección sello mecánico						
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba						
	Inspección rodamientos						
	Inspección prensa estopa						
	Inspección sello mecánico						
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba						
MARZO	Inspección rodamientos	151,313	3,688	0,007	0,271	0,9762	97,62%
	Inspección prensa estopa						
	Inspección sello mecánico						
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba						
	Inspección rodamientos						
	Inspección prensa estopa						

	Inspección sello mecánico						
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba						
ABRIL	Inspección rodamientos	146,063	3,938	0,007	0,254	0,9738	97,38%
	Inspección prensa estopa						
	Inspección sello mecánico						
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba						
	Inspección rodamientos						
	Inspección prensa estopa						
	Inspección sello mecánico						
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba						
MAYO	Inspección rodamientos	151,438	3,563	0,007	0,281	0,9770	97,70%
	Inspección prensa estopa						
	Inspección sello mecánico						
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba						
	Inspección rodamientos						
	Inspección prensa estopa						
	Inspección sello mecánico						
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba						
JUNIO	Inspección rodamientos	146,875	3,125	0,007	0,320	0,9792	97,92%
	Inspección prensa estopa						
	Inspección sello mecánico						
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba						
	Inspección rodamientos						
	Inspección prensa estopa						
	Inspección sello mecánico						

	Inspección Alineamiento Motor-Bomba						
JULIO	Inspección rodamientos	152,063	2,938	0,007	0,340	0,9810	98,10%
	Inspección prensa estopa						
	Inspección sello mecánico						
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba						
	Inspección rodamientos						
	Inspección prensa estopa						
	Inspección sello mecánico						
	Inspección Alineamiento Motor-Bomba						

Tabla 18: Hoja de mantenimiento tablero eléctrico de control 1

 EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO "ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO"									
Elaborado por:	Luis Daza	Fecha de elaboración:	12/9/2021	Máquina:	Tablero eléctrico de control 1			Código:	EBP-TEC-01
MES	ACTIVIDADES		FECHA	DÍAS LABORABLES	HORAS DE TRABAJO DIARIA	To (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)
AGOSTO	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje		16/8/2021	16	10	160	1	0,75	1,75
	Reajuste e instalación de contactores								
	Reajuste e instalación de relés térmicos								
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros								

	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	30/8/2021	15	10	150	1	0,25	1,25
	Reajuste e instalación de contactores							
	Reajuste e instalación de relés térmicos							
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							
Fecha de inicio	1/8/2021	31/8/2021	31	10	310			3
SEPTIEMBRE	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	15/9/2021	15	10	150	1	0,5	1,5
	Reajuste e instalación de contactores							
	Reajuste e instalación de relés térmicos							
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							
	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	30/9/2021	15	10	150	1,25	0,25	1,5
	Reajuste e instalación de contactores							
	Reajuste e instalación de relés térmicos							
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							
Fecha de inicio	1/9/2021	30/9/2021	30	10	300			3
OCTUBRE	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	15/10/2021	15	10	150	1,25	0,125	1,375

	Reajuste e instalación de contactores	31/10/2021	16	10	160	1	0,25	1,25
	Reajuste e instalación de relés térmicos							
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							
	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje							
	Reajuste e instalación de contactores							
	Reajuste e instalación de relés térmicos							
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							
Fecha de inicio	1/10/2021	31/8/2021	31	10	310			2,625
NOVIEMBRE	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	15/11/2021	15	10	150	1	0,25	1,25
	Reajuste e instalación de contactores							
	Reajuste e instalación de relés térmicos							
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros	30/11/2021	15	10	150	1	0,25	1,25
	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje							
	Reajuste e instalación de contactores							
	Reajuste e instalación de relés térmicos							

	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							
Fecha de inicio	1/11/2021	30/11/2021	30	10	300			2,5
DICIEMBRE	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	15/12/2021	15	10	150	1,25	0,5	1,75
	Reajuste e instalación de contactores							
	Reajuste e instalación de relés térmicos							
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							
	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	31/12/2021	16	10	160	1	0,5	1,5
	Reajuste e instalación de contactores							
	Reajuste e instalación de relés térmicos							
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							
Fecha de inicio	1/12/2021	31/12/2021	31	10	310			3,25
ENERO	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	15/1/2022	15	10	150	1,25	0,5	1,75
	Reajuste e instalación de contactores							
	Reajuste e instalación de relés térmicos							
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							


	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	31/1/2022	16	10	160	1	0,25	1,25
	Reajuste e instalación de contactores							
	Reajuste e instalación de relés térmicos							
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							
Fecha de inicio	1/1/2022	31/12/2022	31	10	310			3
FEBRERO	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	15/2/2022	15	10	150	1	0,25	1,25
	Reajuste e instalación de contactores							
	Reajuste e instalación de relés térmicos							
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							
	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	28/2/2022	13	10	130	1	0,25	1,25
	Reajuste e instalación de contactores							
	Reajuste e instalación de relés térmicos							
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							
Fecha de inicio	1/2/2022	28/2/2022	28	10	280			2,5
MARZO	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	15/3/2022	15	10	150	1	0,25	1,25

	Reajuste e instalación de contactores							
	Reajuste e instalación de relés térmicos							
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							
	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	31/3/2022	16	10	160	1,25	0,25	1,5
	Reajuste e instalación de contactores							
	Reajuste e instalación de relés térmicos							
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							
Fecha de inicio	1/3/2022	31/3/2022	31	10	310			2,75
ABRIL	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	15/4/2022	15	10	150	1,25	0,125	1,375
	Reajuste e instalación de contactores							
	Reajuste e instalación de relés térmicos							
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							
	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	30/4/2022	15	10	150	1	0,5	1,5
	Reajuste e instalación de contactores							
	Reajuste e instalación de relés térmicos							

	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							
Fecha de inicio	1/4/2022	30/4/2022	30	10	300			2,875
MAYO	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	15/5/2022	15	10	150	1,25	0,5	1,75
	Reajuste e instalación de contactores							
	Reajuste e instalación de relés térmicos							
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							
	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	31/5/2022	16	10	160	1,25	0,25	1,5
	Reajuste e instalación de contactores							
	Reajuste e instalación de relés térmicos							
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							
Fecha de inicio	1/5/2022	31/5/2022	31	10	310			3,25
JUNIO	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	15/6/2022	15	10	150	1	0,125	1,125
	Reajuste e instalación de contactores							
	Reajuste e instalación de relés térmicos							
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							

	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	30/6/2022	15	10	150	1,5	0,5	2
	Reajuste e instalación de contactores							
	Reajuste e instalación de relés térmicos							
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							
Fecha de inicio	1/6/2022	30/6/2022	30	10	300			3,125
JULIO	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	15/7/2022	15	10	150	1	0,5	1,5
	Reajuste e instalación de contactores							
	Reajuste e instalación de relés térmicos							
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							
	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	31/7/2022	16	10	160	1,25	0,25	1,5
	Reajuste e instalación de contactores							
	Reajuste e instalación de relés térmicos							
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							
Fecha de inicio	1/7/2022	31/7/2022	31	10	310			3

Tabla 19: Parámetros de mantenimiento tablero eléctrico de control 1

 EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO "ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO"							
Elaborado por:	Luis Daza	Fecha de elaboración:	12/9/2021	Máquina:	Tablero eléctrico de control 1	Código:	EBP-TEC-01
MES	ACTIVIDADES		MTBF (h)	MTTR (h)	γ	μ	DISPONIBILIDAD (%)
AGOSTO	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje		153,500	1,500	0,007	0,667	0,9903
	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros						
	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje						
	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
SEPTIEMBRE	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros		148,500	1,500	0,007	0,667	0,9900
	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje						
	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros						

	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros						
OCTUBRE	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	153,688	1,313	0,007	0,762	0,9915	99,15%
	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros						
	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje						
	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros						
NOVIEMBRE	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	148,750	1,250	0,007	0,800	0,9917	99,17%
	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros						
	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje						
	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros						


DICIEMBRE	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	153,375	1,625	0,007	0,615	0,9895	98,95%
	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros						
	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje						
	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros						
ENERO	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	153,500	1,500	0,007	0,667	0,9903	99,03%
	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros						
	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje						
	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros						
FEBRERO	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	138,750	1,250	0,007	0,800	0,9911	99,11%
	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						

	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros						
	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje						
	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros						
MARZO	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	153,625	1,375	0,007	0,727	0,9911	99,11%
	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros						
	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje						
	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros						
ABRIL	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	148,563	1,438	0,007	0,696	0,9904	99,04%
	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros						
	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje						

	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros						
MAYO	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	153,375	1,625	0,007	0,615	0,9895	98,95%
	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros						
	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje						
	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							
JUNIO	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	148,438	1,563	0,007	0,640	0,9896	98,96%
	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros						
	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje						
	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros							

JULIO	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje	153,500	1,500	0,007	0,667	0,9903	99,03%
	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros						
	Verificación, Calibración de amperaje y voltaje						
	Reajuste e instalación de contactores						
	Reajuste e instalación de relés térmicos						
	Reajuste e instalación de sensores y potenciómetros						

Tabla 20: Hoja de mantenimiento Generador Eléctrico

 EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO "ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO"									
Elaborado por:	Luis Daza	Fecha de elaboración:	12/9/2021	Máquina:	Generador Eléctrico			Código:	EBP-GE-01
MES	ACTIVIDADES	FECHA	DÍAS LABORABLES	HORAS DE TRABAJO DIARIA	To (h)	TR (h)	TM (h)	TP (h)	
AGOSTO	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	16/8/2021	16	4	64	3,5	0,5	4	
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga)								
	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	30/8/2021	15	4	60	3	0,75	3,75	
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga)								
Fecha de inicio	1/8/2021	31/8/2021	31	4	124			7,75	

SEPTIEMBRE	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	15/9/2021	15	4	60	4	0,5	4,5
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga							
	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	30/9/2021	15	4	60	3,25	0,5	3,75
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga							
Fecha de inicio	1/9/2021	30/9/2021	30	4	120			8,25
OCTUBRE	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	15/10/2021	15	4	60	4,5	0,75	5,25
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga							

	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)							
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga)	31/10/2021	16	4	64	3,5	1	4,5
Fecha de inicio	1/10/2021	31/8/2021	31	4	124			9,75
NOVIEMBRE	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)							
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga)	15/11/2021	15	4	60	4,5	0,5	5
	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)							
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga)	30/11/2021	15	4	60	3,75	1	4,75

Fecha de inicio	1/11/2021	30/11/2021	30	4	120			9,75
DICIEMBRE	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	15/12/2021	15	4	60	3,25	0,75	4
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga							
	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	31/12/2021	16	4	64	4,5	1	5,5
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga							
Fecha de inicio	1/12/2021	31/12/2021	31	4	124			9,5
ENERO	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	15/1/2022	15	4	60	4	0,5	4,5
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC,							

	Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga							
	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)							
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga)	31/1/2022	16	4	64	3,75	0,5	4,25
Fecha de inicio	1/1/2022	31/12/2022	31	4	124			8,75
FEBRERO	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)							
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga)	15/2/2022	15	4	60	4	0,75	4,75
	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)							
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización,	28/2/2022	13	4	52	3	0,5	3,5


	Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga							
Fecha de inicio	1/2/2022	28/2/2022	28	4	112			8,25
MARZO	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	15/3/2022	15	4	60	3,5	0,25	3,75
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga							
	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	31/3/2022	16	4	64	3,25	0,5	3,75
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga							
Fecha de inicio	1/3/2022	31/3/2022	31	4	124			7,5
ABRIL	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	15/4/2022	15	4	60	4,25	0,5	4,75

	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga							
	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)							
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga	30/4/2022	15	4	60	3,75	0,5	4,25
Fecha de inicio	1/4/2022	30/4/2022	30	4	120			9
MAYO	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)							
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga	15/5/2022	15	4	60	3	0,75	3,75
	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	31/5/2022	16	4	64	4,5	0,5	5

	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga							
Fecha de inicio	1/5/2022	31/5/2022	31	4	124			8,75
JUNIO	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	15/6/2022	15	4	60	4,25	0,25	4,5
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga							
	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	30/6/2022	15	4	60	3,5	0,75	4,25
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga							
Fecha de inicio	1/6/2022	30/6/2022	30	4	120			8,75
JULIO		15/7/2022	15	4	60	4,25	0,75	5

	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)							
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga							
	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)							
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga	31/7/2022	16	4	64	3,25	0,5	3,75
Fecha de inicio	1/7/2022	31/7/2022	31	4	124			8,75

Tabla 21: Parámetros de mantenimiento Generador Eléctrico

 EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO "ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO"								
Elaborado por:	Luis Daza	Fecha de elaboración:	12/9/2021	Máquina:	Generador Eléctrico	Código:	EBP-GE-01	
MES	ACTIVIDADES		MTBF (h)	MTTR (h)	γ	μ	DISPONIBILIDAD (%)	
AGOSTO	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)		58,125	3,875	0,0172	0,2581	0,9375	93,75%
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga							
	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)							
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga							
SEPTIEMBRE	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)		55,875	4,125	0,0179	0,2424	0,9313	93,13%

	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga)						
	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)						
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga)						
OCTUBRE	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	57,125	4,875	0,0175	0,2051	0,9214	92,14%
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga)						
	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)						
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión						

	de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga						
NOVIEMBRE	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	55,125	4,875	0,0181	0,2051	0,9188	91,88%
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga						
	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)						
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga						
DICIEMBRE	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	57,250	4,75	0,0175	0,2105	0,9234	92,34%
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga						

	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)						
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga)						
ENERO	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	29,875	2,125	0,0335	0,4706	0,9336	93,36%
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga)						
	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)						
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga)						
FEBRERO	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	51,875	4,125	0,0193	0,2424	0,9263	92,63%

	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga)						
	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)						
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga)						
MARZO	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	58,250	3,75	0,0172	0,2667	0,9395	93,95%
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga)						
	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)						
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga)						

ABRIL	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	55,500	4,5	0,0180	0,2222	0,9250	92,50%
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga						
	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)						
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga						
MAYO	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	57,625	4,375	0,0174	0,2286	0,9294	92,94%
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga						
	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)						

	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga						
JUNIO	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	55,625	4,375	0,0180	0,2286	0,9271	92,71%
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga						
	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)						
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga						
JULIO	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)	57,625	4,375	0,0174	0,2286	0,9294	92,94%
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión						

	de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga						
	Mantenimiento mecánico (Aceites, Filtros de aceites, Aire y Combustible)						
	Mantenimiento Eléctrico (Tablero de control, Automatización, Transmisión de datos PLC, Cableado eléctrico, Revisión mantenedor de carga						

3.7 Matriz AMFE

Se realiza una predicción de fallos que puede ocurrir en ciertos elementos de máquinas o instrumentos donde se dará valores a la frecuencia, gravedad y detectabilidad del fallo, también se realizará el posible fallo, causas y efectos siguiendo las reglas de la NTP 679.

Mediante la realización de la Matriz AMFE a cada elemento de cada máquina se detectará que componentes son más críticos y así poder evitar un daño con mayor gravedad para la máquina y así se dará un seguimiento minucioso y así poder realizar el mantenimiento adecuado inclusive un mantenimiento correctivo.

Para considerar componentes con mayor riesgo al fallo se le ha tomado un valor a partir de los datos estadísticos de IPR (Índice de Prioridad de Riesgo) de 70 y estarán sombreados de color rojo.

Tabla 22: Matriz AMFE Motor-Bombas

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO											
"ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO"											
MÁQUINAS			ELABORADO POR:		FECHA DE REALIZACIÓN		FECHA REVISIÓN		REVISADO POR:		
Motor-Bomba			Luis Daza		1/10/2022		11/10/2022		Ing. Christian Castro		
N.º	COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLO	CAUSA RAÍZ	EFECTO	VALORACIONES				ACCIONES CORRECTIVA
							F	G	D	IPR	
1	Núcleo del estator	Permitir en sentido radial el flujo magnético	Sobrecalentamiento del embobinado	Corrosión, temperatura elevada, desequilibrio de voltaje	Rompimiento del aislamiento del bobinado, rodamientos desgastados	No genera el campo magnético capaz de generar una corriente eléctrica	3	3	5	45	Pruebas en el bobinado, cambio de rodamientos

2	Culata del estator	Conformar la parte del circuito magnético y soportar los polos	Sobrecalentamiento del motor	Corrosión, soportes rotos, sobrecalentamiento del embobinado	Fisuras	No genera el campo magnético capaz de generar una corriente eléctrica	2	3	1	6	Verificación y revisión de la culata y soportes, Realizar una limpieza de la culata
3	Bobinas del estator	Generar un campo magnético giratorio	Sobrecalentamiento desmedido	Corto en las espiras, corto entre fases	Aislamiento dañado, alambres sueltos	Paro del motor	4	3	3	36	Realizar un rebobinado y verificación de las conexiones
4	Alojamiento de cojinete	Permitir que el eje gire libremente	Rozamiento entre el eje y las piezas	Lubricación, contaminación	Fatiga, mala manipulación	Vibraciones en el motor	5	4	4	80	Limpieza de la contaminación y lubricación frecuente
5	Eje del rotor	Guiar la acción de rotación	Ruptura del eje	Corrosión, instalación incorrecta	Acumulación de suciedades, fallo en el contrapeso	Paro del motor	4	5	3	60	Revisión visual y detección de vibraciones

6	Tapa terminal interna	Proteger partes internas del motor	Exposición de las partes internas	Corrosión, contaminación, ruptura de tapa de terminal interna	Fisuras	Piezas internas expuestas al ambiente	2	4	2	16	Revisión y verificación del estado de la tapa, limpieza de la corrosión de la tapa terminal.
7	Cojinete de bolas	Disminuir el rozamiento entre los ejes y partes donde rotan los ejes	Generación de ruido, mal funcionamiento	Lubricación, montaje inadecuado, corrosión, contaminación	Fatiga, oxidación y corrosión	Falla el motor y requerirá de más corriente	5	4	4	80	Revisión y lubricación o cambio de cojinetes, limpieza de la corrosión
8	Sello del eje	Impedir la fuga de fluidos	Evitar que un fluido escape al exterior	Desgaste, ruptura de sello, fugas	Selección inadecuada del sello mecánico, instalación incorrecta, mala operación del mismo.	Pérdida de líquido	4	5	3	60	Revisión y cambio del sello, revisión de fugas

9	Cubierta terminal	Proteger partes internas del motor al momento de rotación de los elementos	Ruptura de cuerpo provocando fugas del líquido	Fisuras, corrosión	Golpes	Deficiencia en el bombeo del líquido	2	1	8	16	Operar dentro de los parámetros indicados por el fabricante, limpieza de la corrosión
10	Núcleo del rotor	Rotar en el interior del motor	Sobrecalentamiento del embobinado	Corrosión, temperatura elevada, desequilibrio de voltaje	Rompimiento del aislamiento del bobinado, rodamientos desgastados	No genera el campo magnético capaz de generar una corriente eléctrica	3	3	5	45	Pruebas en el bobinado, limpieza de la corrosión
11	Adaptador aislante	Permitir una vida prolongada del motor	Fuga eléctrica	Perdida de sus propiedades, temperatura elevada	Desgaste	Desconexión automática de la instalación eléctrica	5	4	3	60	Pruebas de resistencia de aislamiento, intercambio del adaptador aislante
12	Ventilador interno	Permitir el flujo de aire eficaz	Ineficiente ventilación	Ruptura de la hélice,	Desgaste, acumulación	Calentamiento del motor	2	4	2	16	Revisión y cambio de la hélice,

				acumulación de suciedad	de suciedades						limpieza de la hélice
13	Deflector de aire	Desviar el aire para una ventilación más eficiente	Ineficiente ventilación	Taponamiento de aberturas, aumento de temperatura	Acumulación de suciedades	Calentamiento del motor	4	2	2	16	Revisión y limpieza del deflector de aire, medición de temperatura
14	Cubierta superior	Proteger partes internas del motor	Ruptura de cuerpo provocando fugas del líquido	Fisuras, corrosión, acumulación de suciedad	Golpes	Deficiencia en el bombeo del líquido	2	1	8	16	Operar dentro de los parámetros indicados por el fabricante, limpieza de la corrosión y suciedades
15	Pernos	Anclar elementos del motor	Desajuste de piezas	Fractura, corrosión	Fatiga	Piezas sueltas	3	4	3	36	Verificación y cambio de pernos, limpieza de corrosión
16	Hilos conductores	Conducir electricidad	Desconexión	Ruptura, desgaste de aislante	Sobrecargas	Fallo en el motor	5	4	4	80	Verificación y cambio de hilos de conductores,

												revisión de aislante
17	Turbina	Transformar energía cinética en mecánica	Reduce la presión del líquido.	Desgaste, acumulación de suciedad	Corrosión, acumulación de suciedad	Perdida de líquido	3	4	6	72	Verificación y cambio de turbina, limpieza de suciedad	
18	Poleas	Transmitir una fuerza	Al no gira la polea provocando que el agua no circule de forma eficiente por todo el motor.	Desgaste, corrosión, acumulación de suciedad	Tamaño incorrecto o ajustado incorrecto, accidentes en el vehículo o problemas con los cojinetes internos	Rotura de poleas	5	6	4	120	Verificación correcta del tamaño, ajuste adecuado y verificación del correcto funcionamiento de los vehículos, limpieza de suciedad y corrosión	

19	Brida	Unir y desunir tuberías de una forma sencilla sin tener que realizar trabajos destructivos.	Fugas de agua	Corrosión, desajuste	Desgaste por uso	Fugas de agua	2	4	2	16	Revisión de fugas de agua, revisión de partes oxidadas, verificar que esté ajustada la brida
20	Unión doble roscada	Unir dos tuberías en sus extremos, siendo una manera fácil de desmontaje	Fugas de agua	Corrosión, desajuste	Desgaste por uso	Fugas de agua	2	4	2	16	Revisión de fugas de agua, revisión de partes oxidadas, verificar que esté ajustada

Tabla 23: Matriz AMFE de tableros eléctricos de control

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO											
"ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO"											
MÁQUINAS			ELABORADO POR:		FECHA DE REALIZACIÓN		FECHA REVISIÓN			REVISADO POR:	
Componente de Tablero eléctrico de control			Luis Daza		1/10/2022		11/10/2022			Ing. Christian Castro	
N.º	COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLO	CAUSA RAÍZ	EFECTO	VALORACIONES				ACCIONES CORRECTIVAS
							F	G	D	IPR	
1	Contactores	Apertura y cierre de circuitos eléctricos, mediante la conexión y desconexión de sus contactos a través de una señal externa	Daño de la bobina y que los contactos se desgasten o se queden pegados.	Desgaste, interrupción en las espiras de la bobina	Suciedad y humedad	No permite el correcto funcionamiento del sistema.	5	6	4	120	Limpieza del módulo de contactores, cambio de la bobina del contactor
2	Relés térmicos	Proteger a los motores en caso de sobrecargas y recalentamientos causados generalmente por	Sobrecargas de energía en los motores.	Desgaste, sobrecalentamiento	Sobrecargas de energía	Los motores dejan de funcionar	4	5	5	100	Verificar si están funcionando adecuadamente mediante pruebas, intercambio del relé térmico

		sobretensiones									
3	Sensores de temperatura	Detectar y responder a algún tipo de información de temperatura del entorno físico.	Censado deficiente	Instalación defectuosa, desgaste	Desconexión	No sonarán las alarmas en caso de que algo está fallando	3	3	7	63	Revisión de la conexión, reemplazo de sensores
4	Potenciómetros	Controlar la intensidad de corriente a lo largo de un circuito conectándolo en paralelo o la caída de tensión al conectarlo en serie.	Control de la intensidad de corriente	Desgaste, cortocircuitos, acumulación de suciedad	Suciedad y mal contacto	No regula la intensidad de la corriente	3	3	6	54	Revisión de la conexión, limpieza de los potenciómetros

5	Interruptor diferencial ID	Proteger a las personas de accidentes provocados por el contacto con las partes energizadas de la instalación.	Sobrecargas de energía	Desgaste, desvío de corriente	La corriente sale del circuito	No llega la tensión de alimentación	3	3	6	54	Revisar el cableado de conexión, cambio del interruptor diferencial
6	Llave térmica	Proteger a la instalación contra cortocircuitos (magnético) y sobrecargas (térmico).	Sobrecargas y cortocircuitos	Deterioro, aumento de temperatura	Exceso de corriente	No puede evitar cortocircuitos	4	4	5	80	Pon la palanca en posición ON y medir la continuidad, cambio de llave térmica
7	Protector electrónico de sobre y baja tensión	Interrumpir la alimentación eléctrica de la bobina del contactor cuando existe caídas de tensión	Variaciones de tensión en la red	Deterioro, sobrecargas, aumento de suciedad	Exceso de tensión	Forzará el apagado del sistema	3	3	7	63	Evitar llegar a excesos de tensión, cambio del protector electrónico, limpieza
8	Circuito electromagnético	Transformar la electricidad en magnetismo	Cortos de suministros de energía	Cortocircuitos, sobrecargas	Perdida de aislamiento	Electrocución	4	5	4	80	Medición de resistencias en diferentes puntos, cambio de circuitos electromagnéticos

9	Bobina	Generar un campo magnético cuando se le aplica tensión	Envía insuficiente cantidad de voltaje	Deterioro del aislante, sobrecargas, aumento de suciedad	Sobrecargas de energía	Falla en los tableros	3	4	3	36	Revisión y rebobinado, limpieza de suciedades
10	Núcleo	Concretar y aumentar el flujo magnético	Ineficiente funcionamiento	Deterioro del aislante, aumento de temperatura	Humedad, calor, corrosión	Cortocircuitos	3	4	4	48	Comprobación, limpieza y ajuste de conexiones eléctricas
11	Armadura	Cerrar el campo magnético cuando se energiza la bobina	Fallo en el bobinado	Desgaste, aumento de suciedad	Sobrecargas de energía	Cortocircuitos	2	4	3	24	Revisión de la armadura, limpieza de la armadura
12	Elementos de protección	Proteger el motor y el circuito de desperfectos por el paso de corriente con alta intensidad	Fallas de línea a tierra	Desgaste, sobrecargas, aumento de suciedad	Sobrecargas de energía	Cortocircuitos	5	6	4	120	Revisión y cambio de elementos de protección, limpieza de elementos

13	Guardamotor	Proteger térmicamente a los motores y en los cuales circula corriente absorbida por el motor	Falla en el cerrado del circuito	Sobrecarga, desgaste	Exceso de energía	Cortocircuitos	5	5	4	100	Revisión de funcionamiento del guardamotor, cambio del guardamotor
14	Elementos de señalización acústicas	Llamar la atención mediante señales apreciables para el oído	No se percibe sonido	Fallo en las conexiones, desgaste en los elementos de sonido	Uso constante	Inexistencia de señales en caso de una emergencia	6	5	3	90	Revisión y cambio de señales acústicas
15	Elementos de señalización ópticas visuales	Llamar la atención mediante señales apreciables para la vista mediante símbolos indicativos	No se puede visualizar las señales	Deterioro en la señalización, acumulación de suciedad	Uso constante	Inexistencia de señales en caso de una emergencia	6	5	3	90	Revisión y cambio de señales visuales, limpieza de señales
16	Elementos de señalización ópticas luminosas	Llamar la atención mediante señales apreciables para la vista mediante lámparas de diferentes colores	Elementos no funcionan	Deterioro, acumulación de suciedad	Uso constante	Inexistencia de señales luminosas en caso de una emergencia	6	5	3	90	Revisión y cambio de señales luminosas, limpieza de señales

17	Paradas de emergencia de contacto momentáneo	Interrumpir el suministro de energía cuando se emplea presión y vuelve a su posición nominal	Ruptura del dispositivo	Desgaste, acumulación de suciedad	Uso constante	No se pararía la máquina en caso de emergencia	4	6	3	72	Revisión y cambio del pulsador, Limpieza del pulsador
18	Paradas de emergencia de contacto sostenido	Interrumpir el suministro de energía cuando se emplea presión y para volver a su posición nominal se debe presionar de nuevo	Ruptura del dispositivo	Desgaste, acumulación de suciedad	Uso constante	No se pararía la máquina en caso de emergencia	4	6	3	72	Revisión y cambio del pulsador, limpieza del pulsador
19	Transformador de intensidad	Transformar corriente de la línea y reducirla un nivel seguro y medible.	Disminución del desempeño	Desgaste, corrosión	Distorsiones y aflojamiento de los devanados	Se puede producir un cortocircuito	4	6	5	120	Revisión y comprobación del transformador, limpieza de corrosión

20	Variador de frecuencia	Regular la velocidad de los motores eléctricos	Distorsiones en la velocidad del motor eléctrico	Desgaste, suciedad, problemas en la configuración	Distorsiones en el suministro de energía	El motor eléctrico trabaja inadecuadamente	2	4	2	16	Realizar una inspección visual de las tarjetas, ya que por las vibraciones se pueden desoldar, realizar una limpieza, pero no con productos aceitosos
----	------------------------	------------------------------------------------	--------------------------------------------------	---------------------------------------------------	------------------------------------------	--------------------------------------------	---	---	---	----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 24: Matriz AMFE generador eléctrico

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO											
"ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO"											
MÁQUINAS			ELABORADO POR:		FECHA DE REALIZACIÓN		FECHA REVISIÓN			REVISADO POR:	
Componente de Generador eléctrico			Luis Daza		1/10/2022		11/10/2022			Ing. Christian Castro	
N.º	COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLO	CAUSA RAÍZ	EFECTO	VALORACIONES				ACCIONES CORRECTIVA
							F	G	D	IPR	
1	Filtro de aceite	Mantener el sistema de lubricación libre de impurezas que pueden acabar dañando el motor	Taponamiento del filtro	Impurezas alojadas en el filtro, desgaste por el uso	Daño en el filtro	Daño en el motor	3	8	6	144	Revisión y limpieza del filtro, cambio del filtro
2	Filtro de aire	Impedir que elementos como tierra, suciedad, polvo, insectos y otros contaminantes lleguen al motor	Taponamiento del filtro	Impurezas alojadas en el filtro, desgaste por el uso	Daño en el filtro	Daño en el motor	3	8	6	144	Revisión y limpieza del filtro, cambio del filtro

3	Filtro de combustible	Evitar que las impurezas lleguen al motor a través del combustible	Taponamiento del filtro	Impurezas alojadas en el filtro, desgaste por el uso	Daño en el filtro	Daño en el motor	3	8	6	144	Revisión y limpieza del filtro, cambio del filtro
4	Cableado eléctrico	Transportar la energía eléctrica de un punto a otro	Desconexión de sistemas	Deterioro aislante, cortocircuitos	Daño de cables	Fallo en el funcionamiento del generador	3	6	3	54	Revisión de cables, cambio de cables
5	Balero	Girar libremente para poder generar energía eléctrica	Vibraciones	Deterioro, corrosión	Uso frecuente	No produce energía eléctrica	4	6	3	72	Reemplazo del balero, lubricación
6	Cubierta de entrada de aire	Permitir la ventilación del generador eléctrico	Mala ventilación	Taponamiento de los conductos, acumulación de suciedad	Acumulación de suciedad	Aumento de temperatura	5	3	2	30	Verificación y limpieza de los conductos
7	Rotor excitador	Guiar la acción de rotación	Ruptura del eje	Corrosión, instalación incorrecta	Acumulación de suciedades, fallo en el contrapeso	Paro del motor	4	5	3	60	Revisión visual y detección de vibraciones

8	Estator excitador	Transmitir la potencia del motor	Se sobrecalienta el motor	Corrosión, temperaturas elevadas	Acumulación de suciedades, fallo en el contrapeso	No genera el campo magnético capaz de generar una corriente eléctrica	2	3	1	6	Verificación y revisión del estator
9	Tablero de conexión	Proteger los elementos principales de un circuito eléctrico	Falla en el funcionamiento de los elementos	Deterioro de los elementos, acumulación de suciedad	Humedad, acumulación de polvo	Deterioro de los elementos	4	2	2	16	Limpieza del tablero de conexión, cambio de elementos oxidados
10	Armazón del generador	Proteger los elementos del generador eléctrico	Variaciones de tensión en la red	Deterioro, corrosión	Exceso de tensión	Forzará el apagado del sistema	3	3	7	63	Evitar llegar a excesos de tensión, limpieza de corrosión
11	Estator principal	Transmitir la potencia del motor	Se sobrecalienta el motor	Corrosión, temperaturas elevadas	Acumulación de suciedades, fallo en el contrapeso	No genera el campo magnético capaz de generar una corriente eléctrica	2	3	1	6	Verificación y revisión del estator
12	Rotor principal	Guiar la acción de rotación	Ruptura del eje	Corrosión, instalación incorrecta	Acumulación de suciedades, fallo en el contrapeso	Paro del motor	4	5	3	60	Revisión visual y detección de vibraciones

13	Abanico	Convertir energía eléctrica en mecánica para generar aire	Ineficiente ventilación	Ruptura de las aspas, acumulación de suciedad	Uso frecuente	Calentamiento del motor	2	4	2	16	Revisión y cambio de las aspas, limpieza del abanico
14	Soporte final (eje trasero)	Soportar el eje	Desequilibrio del eje	Ruptura del soporte, corrosión	Uso frecuente	Fallo en el generador	5	5	2	50	Revisión y ajuste del soporte del eje, limpieza de la corrosión
15	Balero (eje trasero)	Soportar elementos del generador para facilitar la rotación	Vibraciones	Deterioro, corrosión	Uso frecuente	No produce energía eléctrica	4	6	3	72	Reemplazo del balero, lubricación de balero para evitar corrosión
16	Eje	Guiar la rotación de un elemento	Vibraciones	Fracturas por fatiga, desalineamiento	Uso frecuente	Falla en el generador	3	6	3	54	Reemplazo del eje, calibración eje motor
17	Llave	Abrir y cerrar la energía eléctrica del generador eléctrico	Sobrecargas y cortocircuitos	Deterioro, acumulación de suciedad	Exceso de corriente	No puede evitar cortocircuitos	4	4	5	80	Pon la palanca en posición ON y medir la continuidad, limpieza de la llave
18	Pernos	Anclar elementos del motor	Soportar elementos	Concentración de carga, corrosión	Fractura por fatiga	Los elementos están sueltos	4	4	3	48	Verificación y cambio de pernos

19	Paradas de emergencia de contacto sostenido	Interrumpir el suministro de energía cuando se emplea presión y para volver a su posición nominal se debe presionar de nuevo	Ruptura del dispositivo	Desgaste, acumulación de suciedad	Acumulación de suciedad	No se pararía la máquina en caso de emergencia	4	6	3	72	Revisión y cambio del pulsador, limpieza del pulsador
20	Aislante de vibraciones	Reducir las fuerzas producidas por una máquina	Produce un desplazamiento de los componentes	Temperaturas extremas, dilatación o contracción en la puesta en marcha	Suciedad, uso	Máquina desequilibrada, ejes doblados	2	4	2	16	Revisión del funcionamiento, limpieza de polvo, verificación de temperatura

3.8 Análisis de criticidad

A continuación, se desarrolló tablas de los componentes dependiendo de su criticidad, por lo cual se asignó valores de frecuencia y consecuencia, por lo que se ha designado valores dependiendo de su criticidad.

Los valores de criticidad de los componentes van para no crítico de 5 hasta 28 y estará pintado de color verde, para los componentes semi críticos irán en valores de 30 hasta 48 y estarán pintados de color amarillo y para los componentes críticos irán en valores de 50 hasta 125 e irán pintados de color rojo esto ayudará a realizar un mantenimiento de una manera más eficiente.

Tabla 25: Factores de frecuencia y consecuencia

FACTOR DE FRECUENCIA	
Descripción	Ponderación
Fallas frecuentes	5
Fallas probables	4
Fallas posibles	3
Fallas improbables	2
Fallas extremadamente improbables	1
FACTOR DE CONSECUENCIAS	
Impacto operacional	Ponderación
Perdidas mayores a 75%	5
Perdidas entre 50% y 74%	4
Perdidas entre 25% y 49%	3
Perdidas entre 10% y 24%	2
Perdidas inferiores a 10%	1
Factor de flexibilidad operacional	Ponderación
No existe repuestos, tiempos reparación altos	5
Repuestos parciales, procedimiento reparación complejo	4
Repuesto parcial, procedimiento reparación sencillo	3
Repuesto suficiente, procedimiento reparación complejo	2
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	1
Costos de mantenimiento	Ponderación
Costos materiales superiores \$1000	5
Costos materiales entre \$600 - \$1000	4
Costos materiales entre \$300 - \$600	3
Costos materiales entre \$100 - \$300	2
Costos materiales inferiores \$100	1
Impacto medio ambiente	Ponderación
Daños irreversibles en el medio ambiente	5

Daños severos al medio ambiente	4
Daños medios al medio ambiente	3
Daños mínimos al medio ambiente	2
Sin daño medio ambiental	1
Impacto seguridad	Ponderación
Muerte o incapacidad	5
Incapacidad parcial o permanente	4
Daños o enfermedades severas	3
Daños leves en personas	2
Sin impacto en la seguridad	1

CRITICIDAD																						
FRECUENCIA (FF)	5	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
	4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100
	3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75
	2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
	CONSECUENCIAS (CO)																					

Figura 27: Matriz frecuencia por consecuencia de falla.

Tabla 26: Análisis de criticidad Motor-Bomba

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO									
"ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO"									
ANÁLISIS DE CRITICIDAD									
Máquina:		Elaborado por:		Fecha de realización:		Fecha de revisión:		Revisado por:	
Motor-Bomba		Luis Daza		10/10/2022		11/11/2022		Ing. Christian Castro	
N.º	Componente	Factor de Frecuencia	Factor de Consecuencias					Total	Criticidad
			Impacto operacional	Factor de flexibilidad operacional	Costos de mantenimiento	Impacto medio ambiente	Impacto seguridad		
1	Núcleo del estator	1	2	5	2	1	1	11	11
2	Culata del estator	1	2	4	1	1	1	9	9
3	Bobinas del estator	3	3	4	2	2	1	12	36
4	Alojamiento de cojinete	1	2	4	1	1	1	9	9
5	Eje del rotor	2	5	5	3	2	1	16	32
6	Tapa terminal interna	1	1	5	1	1	1	9	9
7	Cojinete de bolas	3	2	1	1	2	1	7	21
8	Sello del eje	4	3	1	1	3	1	9	36

9	Cubierta terminal	1	1	5	1	1	1	9	9
10	Núcleo del rotor	1	3	4	2	1	1	11	11
11	Adaptador aislante	3	3	2	1	2	1	9	27
12	Ventilador interno	2	1	4	1	2	1	9	18
13	Deflector de aire	1	1	5	1	1	1	9	9
14	Cubierta superior	1	1	5	1	1	1	9	9
15	Pernos	3	3	1	1	3	1	9	27
16	Hilos conductores	4	4	2	2	3	4	15	60
17	Turbina	3	5	5	3	2	4	19	57
18	Poleas	4	5	2	2	3	2	14	56
19	Brida	1	1	1	1	2	1	6	6
20	Unión doble roscada	1	1	1	1	2	1	6	6

Tabla 27: Análisis de criticidad tablero de control

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO									
"ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO"									
ANÁLISIS DE CRITICIDAD									
Máquina:		Elaborado por:		Fecha de realización:		Fecha de revisión:		Revisado por:	
Tablero eléctrico de control		Luis Daza		10/10/2022		11/11/2022		Ing. Christian Castro	
N.º	Componente	Factor de Frecuencia	Factor de Consecuencias					Total	Criticidad
			Impacto operacional	Factor de flexibilidad operacional	Costos de mantenimiento	Impacto medio ambiente	Impacto seguridad		
1	Contactores	3	4	2	2	2	1	11	33
2	Relés térmicos	4	3	2	2	2	1	10	40
3	Sensores de temperatura	4	3	2	1	2	1	9	36
4	Potenciómetros	3	3	2	1	2	1	9	27
5	Interruptor diferencial ID	3	3	3	1	1	1	9	27
6	Llave térmica	4	3	4	1	1	1	10	40
7	Protector electrónico de sobre y baja tensión	4	4	1	2	2	3	12	48
8	Circuito electromagnético	2	3	4	2	1	2	12	24

9	Bobina	3	3	4	2	1	1	11	33
10	Núcleo	2	3	5	2	1	1	12	24
11	Armadura	1	1	5	1	1	1	9	9
12	Elementos de protección	5	4	1	2	3	2	12	60
13	Guarda motor	2	3	3	2	2	1	11	22
14	Elementos de señalización acústica	4	1	2	1	1	4	9	36
15	Elementos de señalización ópticas visuales	4	1	2	1	1	4	9	36
16	Elementos de señalización óptica luminosos	4	1	2	1	2	4	10	40
17	Paradas de emergencia de contacto momentáneo	2	1	3	1	1	3	9	18
18	Paradas de emergencia de contacto sostenido	2	1	3	1	1	3	9	18

19	Transformador de intensidad	2	5	5	4	2	5	21	42
20	Variador de frecuencia	1	2	3	2	1	3	11	11

Tabla 28: Análisis de criticidad generador eléctrico

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO									
"ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO"									
ANÁLISIS DE CRITICIDAD									
Máquina:		Elaborado por:		Fecha de realización:		Fecha de revisión:		Revisado por:	
Generador Eléctrico		Luis Daza		10/10/2022		11/11/2022		Ing. Christian Castro	
N°	Componente	Factor de Frecuencia	Factor de Consecuencias					Total	Criticidad
			Impacto operacional	Factor de flexibilidad operacional	Costos de mantenimiento	Impacto medio ambiente	Impacto seguridad		
1	Filtro de aceite	5	5	1	1	5	1	13	65
2	Filtro de aire	5	5	1	1	5	1	13	65
3	Filtro de combustible	5	5	1	1	5	1	13	65
4	Cableado eléctrico	3	4	1	1	3	3	12	36
5	Balero (punta no propulsora)	2	3	4	1	1	1	10	20

6	Cubierta de entrada de aire	1	1	5	1	1	1	9	9
7	Rotor excitador	2	3	3	2	1	1	10	20
8	Estator excitador	2	3	3	2	1	1	10	20
9	Tablero de conexión	1	1	5	2	1	3	12	12
10	Armazón del generador	1	1	5	1	1	1	9	9
11	Estator principal	2	3	3	2	1	1	10	20
12	Rotor principal	2	3	3	2	1	1	10	20
13	Abanico	2	1	3	1	3	1	9	18
14	Soporte final (eje trasero)	2	3	5	2	1	1	12	24
15	Balero (eje trasero)	2	3	3	2	1	1	10	20
16	Eje	2	5	4	3	2	1	15	30
17	Llave	1	1	5	1	1	1	9	9
18	Pernos	3	4	1	1	3	3	12	36
19	Paradas de emergencia de contacto sostenido	2	1	5	2	1	3	12	24

20	Aislante de vibraciones	2	3	3	3	1	3	13	26
----	-------------------------	---	---	---	---	---	---	----	----

3.9 Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo

Realizado el análisis de criticidad, se analizó los componentes que pueden generar un problema en donde los daños para la máquina tienden a ser más graves, por lo que se realizará inspecciones regulares por parte del operador técnico y así prevenir posibles fallas constantes, lo que generaría paros constantes de la máquina para realización de mantenimientos correctivos se deberá realizar con personal adecuadamente capacitado.

3.9.1 Bitácora de mantenimiento

Se realizará un plan de actividades a todos los componentes de la Matriz AMFE en donde el IPR (Índice de Prioridad de Riesgo) fue alto (señalados en rojo) y donde la criticidad está en medio y alto, por lo cual se llevará un registro de bitácoras y gamas de mantenimiento de estos componentes esto se realizará de forma diaria, semanal, mensual, trimestral y anual respectivamente.

La bitácora se podrá observar en el Anexo 4.

3.9.2 Gamas de mantenimiento

Tabla 29: Gama de mantenimiento Motor-Bomba

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO						
"ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO"						
GAMAS DE MANTENIMIENTO						
	Máquina:	Elaborado por:	Fecha de realización:	Fecha de revisión:	Revisado por:	
	Motor-Bomba	Luis Daza	10/10/2022	11/11/2022	Ing. Christian Castro	
N.º	Componente	Actividad	Frecuencia de Inspección			Observaciones
			Mensual	Semestral	Anual	
1	Bobinas	Revisión del funcionamiento núcleo del estator			X	
		Revisión del estado de la culata del estator			X	
		Revisión del funcionamiento del núcleo del rotor			X	
		Revisión del funcionamiento de la bobina		X		
2	Eje	Revisión de la alineación del eje	X			

		Revisión del sello del eje	X			
		Revisión de las cargas del eje	X			
		Revisión de los cojinetes de bolas			X	
3	Tapa terminal interna y cubiertas	Revisión de fisuras	X			
		Revisión de fugas	X			
		Revisión y limpieza de suciedades y corrosión	X			
4	Adaptador aislante	Verificar que no exista fugas de corriente	X			
5	Ventilador interno	Revisión de la temperatura	X			
		Revisión del estado de las aspas	X	X		
6	Deflector de aire	Revisión de la salida de calor	X			
		Limpieza de la acumulación de suciedades	X			
7	Pernos	Revisión de corrosión de los pernos	X			

		Revisión del ajuste de los pernos	X			
		Revisión de fractura en pernos	X			
8	Hilos conductores	Revisión del funcionamiento		X		
		Revisión del aislamiento		X		
		Revisión de cortocircuitos		X		
9	Turbina	Verificación de fugas de líquidos	X			
		Verificación de empaques	X			
		Verificación de aspas		X		
		Verificación de vibraciones y corrosión	X			
10	Poleas	Verificación que roten adecuadamente	X			
		Verificación del desgaste de la garganta		X		

Tabla 30: Gama de mantenimiento tablero eléctrico de control

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO						
"ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO"						
GAMAS DE MANTENIMIENTO						
	Máquina:	Elaborado por:	Fecha de realización:	Fecha de revisión:	Revisado por:	
	Tablero eléctrico de control	Luis Daza	10/10/2022	11/11/2022	Ing. Christian Castro	
N.º	Componente	Actividad	Frecuencia de Inspección			Observaciones
			Mensual	Semestral	Anual	
1	Contactores	Revisar el funcionamiento y estado físico	X			
2	Relés térmicos	Revisar el funcionamiento y estado físico	X			
3	Sensores de temperatura	Revisar el funcionamiento y estado físico	X			
4	Potenciómetros	Revisar el funcionamiento y estado físico	X			
5	Interruptor diferencial ID	Revisar el funcionamiento y estado físico	X			
6	Llave térmica	Revisar el funcionamiento y estado físico	X			

7	Protector electrónico de sobre y baja tensión	Revisar el funcionamiento y estado físico	X			
8	Circuito electromagnético	Revisar la conexión a tierra		X		
		Revisar el funcionamiento y estado físico	X			
9	Bobina	Revisar el funcionamiento y estado físico	X			
10	Elementos de protección	Revisar fugas eléctricas	X			
		Revisar el funcionamiento y estado físico		X		
11	Guardamotor	Revisar el circuito si está cerrado		X		
12	Elementos de señalización	Revisar el funcionamiento y estado físico de señales acústicas	X			
		Revisar el funcionamiento y estado físico de señales visuales	X			

		Revisar el funcionamiento y estado físico de señales luminosas	X			
13	Paradas de emergencia	Revisar y limpiar las botoneras	X			
		Revisar el funcionamiento de las botoneras		X		
14	Transformador de intensidad	Revisar y limpiar la corrosión		X		
		Limpia y verificar funcionamiento de ventilación		X		
		Verificación y limpiar la protección de los reguladores		X		
		Verificar y limpiar la protección de los controladores		X		

Tabla 31: Gama de mantenimiento generador eléctrico

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO						
"ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO"						
GAMAS DE MANTENIMIENTO						
	Máquina:	Elaborado por:	Fecha de realización:	Fecha de revisión:	Revisado por:	
	Generador Eléctrico	Luis Daza	10/10/2022	11/11/2022	Ing. Christian Castro	
N.º	Componente	Actividad	Frecuencia de Inspección			Observaciones
			Mensual	Semestral	Anual	
1	Filtro	Revisar de estado físico de los filtros	X			
		Intercambio de filtros		X		
2	Cableado eléctrico	Revisar del estado de aislamiento	X			
3	Balero	Revisar fugas	X			
		Revisar de funcionamiento y estado físico		X		
4	Armazón del generador	Revisar y limpiar los orificios de ventilación	X			
5	Rotor	Revisar vibraciones	X			
		Revisar y lubricar los componentes		X		
6	Estator	Revisar vibraciones	X			

		Revisar y lubricar los componentes		X		
7	Tablero de conexión	Limpiar acumulación de suciedad	X			
		Verificar que no haya filtraciones de líquido	X			
8	Abanico	Limpiar las aspas		X		
		Lubricar el eje		X		
		Revisar conexiones eléctricas		X		
9	Eje	Revisión de la alineación del eje	X			
		Revisión del sello del eje		X		
		Revisión de las cargas del eje		X		
		Revisión de los cojinetes de bolas			X	
10	Pernos	Revisión de corrosión de los pernos	X			
		Revisión del ajuste de los pernos	X			
		Revisión de fractura en pernos	X			
11	Paradas de emergencia	Revisar y limpiar las botoneras	X			

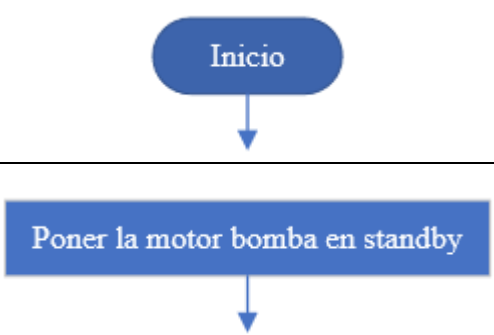
		Revisar el funcionamiento de las botoneras		X		
--	--	--------------------------------------------	--	----------	--	--

3.10 Instructivo mantenimiento correctivo

Se realizó un instructivo de procedimientos para mantenimiento correctivo de los componentes semi críticos y críticos de las motor-bombas, tableros eléctricos de control y del generador eléctrico.

- Motor-Bomba

Tabla 32: Instructivo de mantenimiento correctivo de la bobina de la motor-bomba

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA BOBINA DE LA MOTOR-BOMBA			Código:	
			Versión:	
			Página:	
Elaborado por:	Luis Daza	Aprobado por:	Ing. Christian Castro	
METODOLOGÍA			DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	CONDICIONES:
			-	-
			Para realizar un mantenimiento correctivo por cuestiones de seguridad se debe apagar la máquina y cortar su energía.	OP

<p style="text-align: center;">Realizar una medición</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Realizar una medición con multímetro si los valores no están entre 0 y 1 la bobina no funciona</p>	<p>Para realizar la medición no debe tener voltaje</p>	<p>OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Realizar el desmontaje de la bobina</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Ubicar la bobina y posteriormente desconectar los cables y los tornillos de sujeción de la bobina.</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p>OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Realizar el mantenimiento</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Realizar una limpieza y se debe enrollar el cable en un molde cilíndrico.</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p>OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Montaje</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Realizar la sujeción de la bobina con los tornillos y conectar los cables</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p>OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Verificación</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Realizar una medición con multímetro si los valores están entre 0 y 1 la bobina está funcionando</p>	<p>Para realizar la medición no debe tener voltaje</p>	<p>OP y IC</p>

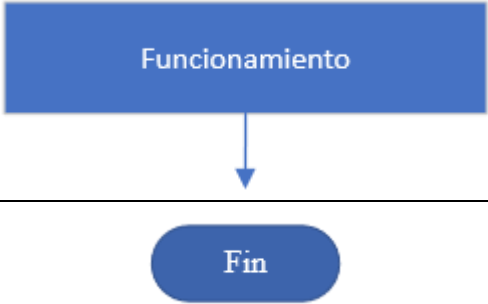


	Poner en funcionamiento la máquina para que continúe con sus actividades	-	OP y IC
	-	-	-
DEFINICIÓN DE LOS TERMINO: TO: Técnico operario IC: Ingeniero Calificado			

Tabla 33: Instructivo de mantenimiento correctivo del rotor del eje de la motor-bomba

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DEL ROTOR DEL EJE DE LA MOTOR-BOMBA			Código:		
			Versión:		
			Página:		
Elaborado por:	Luis Daza	Aprobado por:	Ing. Christian Castro		
METODOLOGÍA			DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	CONDICIONES:	RESPONSABLE:
			-	-	-

<p style="text-align: center;">Poner la motor bomba en standby</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Para realizar un mantenimiento correctivo por cuestiones de seguridad se debe poner la máquina en standby</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP</p>
<p style="text-align: center;">Inspección</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Realizar una inspección visual de vibraciones y ruidos excesivos con los equipos que faciliten su medición</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Desmontaje</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Se debe sacar las tapas, el eje con el rotor para posteriormente retirar los rodamientos</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Verificación</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Revisar que el eje del rotor no esté doblado y lubricar</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Montaje</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Realizar el montaje del rotor del eje, con los nuevos rodamientos y las tapas, ajustar los componentes y calibrar</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>

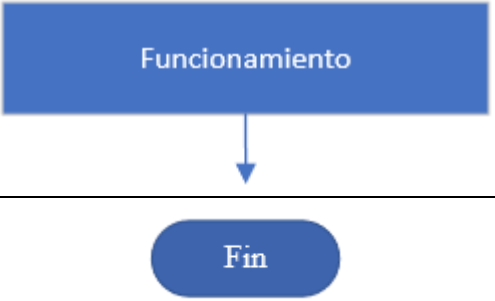


	Realizar pruebas de funcionamiento en la cuales se va a verificar que no haya ruidos o vibraciones	-	OP y IC
	-	-	-
DEFINICIÓN DE LOS TERMINO: TO: Técnico operario IC: Ingeniero Calificado			

Tabla 34: Instructivo de mantenimiento correctivo de los hijos conductores de la motor-bomba

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LOS HILOS CONDUCTORES DE LA MOTOR-BOMBA			Código:		
			Versión:		
			Página:		
Elaborado por:	Luis Daza	Aprobado por:	Ing. Christian Castro		
METODOLOGÍA			DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	CONDICIONES:	RESPONSABLE:
			-	-	-


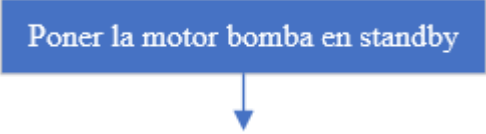
<p style="text-align: center;">Poner la motor bomba en standby</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Para realizar un mantenimiento correctivo por cuestiones de seguridad se debe poner la máquina en standby y se debe desconectar de la fuente de energía</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP</p>
<p style="text-align: center;">Inspección</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Realizar una inspección visual de cortocircuitos, fugas de corriente, hilos conductores desgastados, correcta instalación</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Mantenimiento</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Realizar cambio de hilos conductores por nuevos</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Funcionamiento</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Poner en funcionamiento para poder revisar cualquier anomalía en el funcionamiento o cualquier fuga de energía</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Fin</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">-</p>

DEFINICIÓN DE LOS TERMINOS:

TO: Técnico operario

IC: Ingeniero Calificado

Tabla 35: Instructivo de mantenimiento correctivo de la turbina de la motor-bomba

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA TURBINA DE LA MOTOR-BOMBA			Código:	
			Versión:	
			Página:	
Elaborado por:	Luis Daza	Aprobado por:	Ing. Christian Castro	
METODOLOGÍA		DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	CONDICIONES:	RESPONSABLE:
		-	-	-
		Para realizar un mantenimiento correctivo por cuestiones de seguridad se debe poner la máquina en standby y desconectar la fuente de energía	-	OP

<p style="text-align: center;">Realizar una medición</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Realizar una medición de temperatura para verificar que el sistema de ventilación funcione adecuadamente</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Realizar el desmontaje de la turbina</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Se debe aflojar los tornillos de la carcasa y se deben aflojar el tornillo en el cual está la turbina</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Inspección</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Revisar una filtración inadecuada, si las hélices están en buen estado, ya que pueden estar dobladas o rotas.</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Revisión de componentes</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Realizar el cambio de lubricantes, hélices dañadas, verificar instalaciones</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Poner en funcionamiento la motor bomba</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Poner en funcionamiento para poder revisar cualquier anomalía en el funcionamiento, como vibraciones o ruidos</p>		<p style="text-align: center;">OP y IC</p>



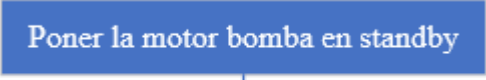
	-	-	-
DEFINICIÓN DE LOS TERMINO: TO: Técnico operario IC: Ingeniero Calificado			

Tabla 36: Instructivo de mantenimiento correctivo de las poleas de la motor-bomba


INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LAS POLEAS DE LA MOTOR-BOMBA			Código:		
			Versión:		
			Página:		
Elaborado por:	Luis Daza	Aprobado por:	Ing. Christian Castro		
METODOLOGÍA			DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	CONDICIONES:	RESPONSABLE:
 ↓			-	-	-
 ↓			Para realizar un mantenimiento correctivo por cuestiones de seguridad se debe poner la máquina en standby y desconectar de la fuente de energía	-	OP

<p style="text-align: center;">Realizar una inspección</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Realizar una inspección visual si esta calibrado la polea con las correas, revisar el ajuste, o si existe un calentamiento excesivo</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Realizar el desmontaje de la polea</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Retirar el guarda de seguridad y las correas, limpiar el óxido y el extractor de poleas.</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Realizar el montaje</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Realizar la colocación de la nueva polea y ajustarla adecuadamente</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Calibración</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Alinear la polea y fijar las correas</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Poner en funcionamiento</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Poner en funcionamiento para poder revisar cualquier anomalía en el funcionamiento</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>

	-	-	-
DEFINICIÓN DE LOS TERMINO: TO: Técnico operario IC: Ingeniero Calificado			


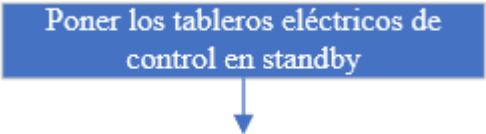

- Tableros eléctricos de control

Tabla 37: Instructivo de mantenimiento correctivo de los componentes eléctricos de los tableros eléctricos de control

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS DE LOS TABLEROS ELÉCTRICOS DE CONTROL			Código:		
			Versión:		
			Página:		
Elaborado por:	Luis Daza	Aprobado por:	Ing. Christian Castro		
METODOLOGÍA			DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	CONDICIONES:	RESPONSABLE:
			-	-	-

<p style="text-align: center;">Poner los tableros eléctricos de control en standby</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Para realizar un mantenimiento correctivo por cuestiones de seguridad se debe poner los tableros en standby y desconectar a la fuente de energía</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP</p>
<p style="text-align: center;">Realizar una medición</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Realizar una medición con el multímetro de los componentes eléctricos dependiendo del voltaje establecido por el fabricante</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Realizar cambios</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Realizar la sustitución de componentes que ya no estén funcionando por componentes nuevos</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Poner en funcionamiento</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Poner en funcionamiento para poder revisar cualquier anomalía en el funcionamiento y verificar que no exista pérdida de energía</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Fin</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">-</p>
<p>DEFINICIÓN DE LOS TERMINOS: TO: Técnico operario IC: Ingeniero Calificado</p>			

Tabla 38: Instructivo de mantenimiento correctivo de la bobina de los tableros eléctricos de control

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA BOBINA DE LOS TABLEROS ELÉCTRICOS DE CONTROL			Código:		
			Versión:		
			Página:		
Elaborado por:	Luis Daza	Aprobado por:	Ing. Christian Castro		
METODOLOGÍA			DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	CONDICIONES:	RESPONSABLE:
 <p>Inicio</p>			-	-	-
 <p>Poner los tableros eléctricos de control en standby</p>			Para realizar un mantenimiento correctivo por cuestiones de seguridad se debe poner la máquina en standby y desconectar de la fuente de energía	-	OP
 <p>Realizar una medición</p>			Realizar una medición con multímetro si los valores no están entre 0 y 1 la bobina no funciona	Para realizar la medición no debe tener voltaje	OP y IC

<p style="text-align: center;">Realizar el desmontaje de la bobina</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Ubicar la bobina y posteriormente desconectar los cables y los tornillos de sujeción de la bobina.</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Realizar el mantenimiento</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Realizar una limpieza y se debe enrollar el cable en un molde cilíndrico.</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Montaje</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Realizar la sujeción de la bobina con los tornillos y conectar los cables</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Verificación</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Realizar una medición con multímetro si los valores están entre 0 y 1 la bobina está funcionando</p>	<p>Para realizar la medición no debe tener voltaje</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>

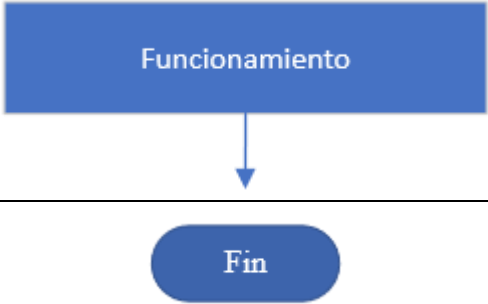


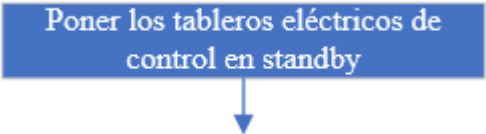

	Poner en funcionamiento la máquina para que continúe con sus actividades	-	OP y IC
	-	-	-
DEFINICIÓN DE LOS TERMINO: TO: Técnico operario IC: Ingeniero Calificado			

Tabla 39: Instructivo de mantenimiento correctivo de los elementos de señalización de los tableros eléctricos de control

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LOS ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN DE LOS TABLEROS ELÉCTRICOS DE CONTROL			Código:		
			Versión:		
			Página:		
Elaborado por:	Luis Daza	Aprobado por:	Ing. Christian Castro		
METODOLOGÍA			DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	CONDICIONES:	RESPONSABLE:
			-	-	-
			Para realizar un mantenimiento correctivo por cuestiones de seguridad se debe poner los tableros en standby y desconectar la fuente de energía	-	OP
			Realizar una inspección visual de los elementos en mal estado	-	OP y IC





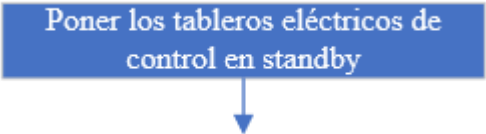

 <p>Realizar el cambio</p> <p>↓</p>	<p>Realizar la sustitución con componentes nuevos por componentes en mal estado</p>	<p>-</p>	<p>OP y IC</p>
 <p>Poner en funcionamiento</p> <p>↓</p>	<p>Poner en funcionamiento para poder revisar cualquier anomalía en la señalética</p>	<p>-</p>	<p>OP y IC</p>
 <p>Fin</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>-</p>
<p>DEFINICIÓN DE LOS TERMINOS: TO: Técnico operativo IC: Ingeniero Calificado</p>			

Tabla 40: Instructivo de mantenimiento correctivo del transformador de intensidad de los tableros eléctricos de control

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DEL TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD DE LOS TABLEROS ELÉCTRICOS DE CONTROL			Código:		
			Versión:		
			Página:		
Elaborado por:	Luis Daza	Aprobado por:	Ing. Christian Castro		
METODOLOGÍA			DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	CONDICIONES:	RESPONSABLE:
			-	-	-
			Para realizar un mantenimiento correctivo por cuestiones de seguridad se debe poner los tableros en standby y desconectar la fuente de energía	-	OP
			Realizar el desmontaje del transformador tomando en cuenta los sistemas de seguridad de temperatura, de tensión y niveles de aceite	-	OP y IC

<p style="text-align: center;">Realizar una inspección</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Realizar una inspección visual del estado de los bobinados, aceite dieléctrico y hermeticidad</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Realizar el cambio</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Realizar la limpieza de los embobinados, cambio de aceite dieléctrico y probar la hermeticidad</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Realizar el montaje</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Realizar el montaje del transformador y verificar que los sistemas de seguridad estén en funcionamiento</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Poner en funcionamiento</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Poner en funcionamiento para poder revisar cualquier anomalía en el funcionamiento como sobrecalentamientos y dejar espacios necesarios para realizar las conexiones</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">OP y IC</p>
<p style="text-align: center;">Fin</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">-</p>	<p style="text-align: center;">-</p>


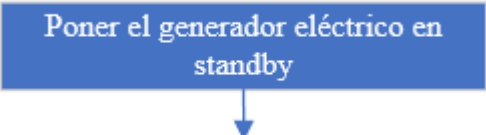
DEFINICIÓN DE LOS TERMINOS:

TO: Técnico operario

IC: Ingeniero Calificado

- Generador eléctrico

Tabla 41: Instructivo de mantenimiento correctivo de los filtros del generador eléctrico

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LOS FITROS DEL GENERADOR ELÉCTRICO			Código:		
			Versión:		
			Página:		
Elaborado por:	Luis Daza	Aprobado por:	Ing. Christian Castro		
METODOLOGÍA			DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	CONDICIONES:	RESPONSABLE:
			-	-	-
			Para realizar un mantenimiento correctivo por cuestiones de seguridad se debe poner el generador eléctrico en standby y	-	OP

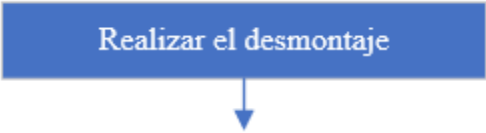




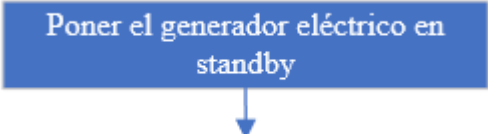

	desconectar la fuente de energía		
 <p>Realizar el desmontaje</p>	Realizar el desmontaje de los filtros de aceite, aire y combustible	-	OP y IC
 <p>Realizar montaje</p>	Realizar el cambio de los filtros adecuados para el generador eléctrico según las especificaciones de los fabricantes	-	OP y IC
 <p>Poner en funcionamiento</p>	Poner en funcionamiento para poder revisar cualquier fuga de aceite o algún defecto en el funcionamiento del generador	-	OP y IC
 <p>Fin</p>	-	-	-
DEFINICIÓN DE LOS TERMINOS: TO: Técnico operario IC: Ingeniero Calificado			

Tabla 42: Instructivo de mantenimiento correctivo del cableado eléctrico del generador eléctrico

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DEL CABLEADO ELÉCTRICO DEL GENERADOR ELÉCTRICO			Código:		
			Versión:		
			Página:		
Elaborado por:	Luis Daza	Aprobado por:	Ing. Christian Castro		
METODOLOGÍA			DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	CONDICIONES:	RESPONSABLE:
			-	-	-
			Para realizar un mantenimiento correctivo por cuestiones de seguridad se debe poner el generador eléctrico en standby y desconectar de la fuente de energía	-	OP
			Realizar una inspección visual de los cables eléctricos para ver su estado y que no exista roturas o desgaste de cables	-	OP y IC


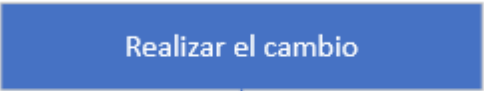






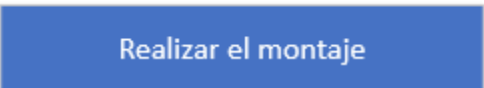


 <p>Realizar una medición</p> <p>↓</p>	<p>Realizar una medición de voltaje para verificar que no exista fugas de voltaje</p>	<p>-</p>	<p>OP y IC</p>
 <p>Realizar el cambio</p> <p>↓</p>	<p>Realizar el cambio de los cables que se encuentren en mal estado</p>		
 <p>Poner en funcionamiento</p> <p>↓</p>	<p>Poner en funcionamiento para poder revisar si el generador está funcionando adecuadamente o si tiene problemas al encendido</p>	<p>-</p>	<p>OP y IC</p>
 <p>Fin</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>-</p>
<p>DEFINICIÓN DE LOS TERMINO: TO: Técnico operario IC: Ingeniero Calificado</p>			

Tabla 43: Instructivo de mantenimiento correctivo de los pernos del generador eléctrico

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LOS PERNOS DEL GENERADOR ELÉCTRICO			Código:		
			Versión:		
			Página:		
Elaborado por:	Luis Daza	Aprobado por:	Ing. Christian Castro		
METODOLOGÍA			DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	CONDICIONES:	RESPONSABLE:
 <p>Inicio</p>			-	-	-
 <p>Poner el generador eléctrico en standby</p>			Para realizar un mantenimiento correctivo por cuestiones de seguridad se debe poner la máquina en standby y desconectar la fuente de energía	-	OP
 <p>Realizar una inspección</p>			Realizar una inspección visual de corrosión o desajuste de pernos	-	OP y IC

 <p>Realizar el desmontaje</p>	Desajustar los pernos en mal estado para así poderlos sacar	-	OP y IC
 <p>Realizar el montaje</p>	Realizar el montaje de pernos nuevos con un correcto ajuste	-	OP y IC
 <p>Poner en funcionamiento</p>	Poner en funcionamiento para poder revisar que no exista vibraciones por pernos flojos	-	OP y IC
 <p>Fin</p>	-	-	-
<p>DEFINICIÓN DE LOS TERMINO: TO: Técnico operario IC: Ingeniero Calificado</p>			

3.11 Instructivo de uso del programa

El programa contiene la información necesaria de la Estación de Bombeo de Punyaro de la “EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE OTAVALO” para un mantenimiento preventivo y el registro de hojas de mantenimiento correctivo.



Figura 28: Hoja de inicio del programa

Al presionar el botón de la casa regresará a la hoja de inicio.



Al presionar la flecha regresará a la selección de máquina.



3.11.1 Inventario

Seleccionar el botón rosado y aparecerá el inventario de la estación de bombeo de Punyaro.

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE "ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO"		EMAPAO - EP	
Lugar: Ciudad de Otavalo, barrio La Fuente de Punyaro calle Obrajes, entre Autovía E35 y Calle Sucre			
e-mail: info@emapao.gob.ec			
Teléfonos: (06)2 928 390 / (06)2 928 005			
Nº	Máquina/Equipo	Código	Ubicación
1	Motor-Bomba 65HP	EBP-MB-01	E.B. Punyaro
2	Motor-Bomba 50HP	EBP-MB-02	E.B. Punyaro
3	Motor-Bomba 50HP	EBP-MB-03	E.B. Punyaro
4	Motor-Bomba 30HP	EBP-MB-04	E.B. Punyaro
5	Motor-Bomba 60 HP	EBP-MB-05	E.B. Punyaro
6	Tablero eléctrico de control 1	EBP-TEC-01	E.B. Punyaro
7	Tablero eléctrico de control 2	EBP-TEC-02	E.B. Punyaro
8	Tablero eléctrico de control 3	EBP-TEC-03	E.B. Punyaro
9	Tablero eléctrico de control 4	EBP-TEC-04	E.B. Punyaro
10	Generador Eléctrico	EBP-GE-01	E.B. Punyaro

Figura 29: Hoja de inventario

En la selección de cada máquina (de color azul) aparecerá su ficha técnica.

3.11.2 Componentes principales

Al presionar el botón de componentes principales en la hoja de inicio de color celeste aparecerán botones de las diferentes máquinas.



Figura 30: Botones para seleccionar los componentes de las diferentes máquinas

Al presionar uno de los botones con la máquina deseada se desplegará la lista de componentes.

3.11.3 Hojas de mantenimiento

Al presionar el botón de hojas de mantenimiento en la hoja de inicio y de color rojo aparecerán botones de diferentes máquinas.



Figura 31: Botones para seleccionar las hojas de mantenimiento de las diferentes máquinas

Al presionar uno de los botones con la máquina deseada se desplegará la hoja de mantenimiento.

3.11.4 Parámetros de mantenimiento

Al presionar el botón de parámetros de mantenimiento en la hoja de inicio y de color azul aparecerán botones de diferentes máquinas.



Figura 32: Botones para seleccionar los parámetros de mantenimiento de las diferentes máquinas

Al presionar uno de los botones con la máquina deseada se desplegará los parámetros de mantenimiento.

3.11.5 Matriz AMFE

Al presionar el botón de matriz AMFE en la hoja de inicio y de color tomate aparecerán botones de diferentes máquinas.



Figura 33: Botones para seleccionar la matriz AMFE de las diferentes máquinas

Al presionar uno de los botones con la máquina deseada se desplegará la matriz AMFE.

3.11.6 Análisis de criticidad

Al presionar el botón de análisis de criticidad en la hoja de inicio y de color lila aparecerán botones de diferentes máquinas.



Figura 34: Botones para seleccionar los análisis de criticidad de las diferentes máquinas

Al presionar uno de los botones con la máquina deseada se desplegará el análisis de criticidad.

3.11.7 Bitácoras de mantenimiento

Al presionar el botón de bitácoras de mantenimiento en la hoja de inicio y de color amarillo aparecerán botones de diferentes máquinas.



Figura 35: Botones para seleccionar las bitácoras de mantenimiento de las diferentes máquinas

Al presionar uno de los botones con la máquina deseada se desplegará la bitácora de mantenimiento.

3.11.8 Gamas de mantenimiento

Al presionar el botón de gamas de mantenimiento en la hoja de inicio y de color café aparecerán botones de diferentes máquinas.



Figura 36: Botones para seleccionar las gamas de mantenimiento de las diferentes máquinas

Al presionar uno de los botones con la máquina deseada se desplegará la gama de mantenimiento.

3.11.9 Registro de hojas de mantenimiento

Al presionar el botón de registro de hojas de mantenimiento en la hoja de inicio y de color verde aparecerán botones de diferentes máquinas.



Figura 37: Botones para seleccionar las gamas de mantenimiento de las diferentes máquinas

Al presionar uno de los botones con la máquina deseada se desplegará el registro de hojas de mantenimiento.

Persona Responsable	Actividades	Fecha	To (h)	TR (h)	TM (h)

Figura 38: Registro de hojas de mantenimiento

3.11.10 Hojas de mantenimiento

Al presionar el botón de registro de hojas de mantenimiento en la hoja de inicio y de color negro aparecerán botones de diferentes máquinas.



Figura 39: Botones para seleccionar las hojas de mantenimiento de las diferentes máquinas

Al presionar uno de los botones con la máquina deseada se desplegará las hojas de mantenimiento.

Figura 40: Hoja de mantenimiento

Al presionar el botón de la disponibilidad aparecerá el cálculo.

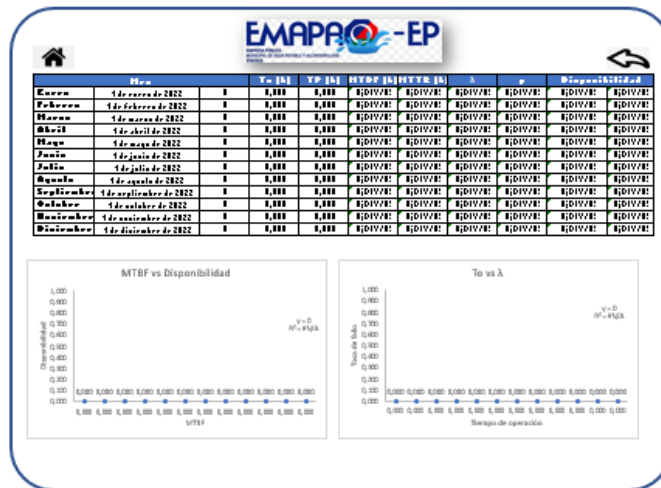


Figura 41: Cálculo disponibilidad

3.11.11 Para agregar una máquina nueva se debe realizar:

Ingresar un nuevo botón en el registro de hojas de mantenimiento con el nombre de la máquina nueva.

Figura 42: Botonera para el ingreso de una nueva máquina

Agregar una nueva hoja de Excel en donde se podrá registrar los datos:

- Persona responsable
- Actividad
- Fecha

- Tiempo de operación
- Tiempo de reparación
- Tiempo muerto

Para la grabación de datos se deberá realizar una grabación de macros para poder ingresar los datos a la hoja de registros.

Para la limpieza de datos de igual manera se debe realizar un macro en donde se deberán borrar los datos.

The screenshot shows a web-based form interface. At the top, there is a home icon on the left and a refresh icon on the right. The main header features the logo for 'EMAPRO-EP' (EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO OTAVALO). Below the logo, the text reads '"ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO"' and 'REGISTRO DE HOJA DE MANTENIMIENTO'. A dropdown menu is set to 'Máquina: Motor-Bomba'. The form contains a table with the following columns: 'Persona Responsable', 'Actividades', 'Fecha', 'To (h)', 'TR (h)', and 'TM (h)'. Below the table, there are two blue buttons: 'LIMPIAR' and 'GRABAR'.

Figura 43: Hoja de registro de datos

Se creará una nueva hoja de Excel en donde se registrará los datos ingresados de la nueva máquina.

The screenshot shows an Excel spreadsheet. The header includes the 'EMAPRO-EP' logo and the text 'EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO', '"ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO"', and 'REGISTRO DE HOJA DE MANTENIMIENTO'. A dropdown menu is set to 'Máquina: Generador eléctrico'. The spreadsheet has columns for 'Persona Responsable', 'Actividades', 'Fecha', 'To (h)', 'TR (h)', 'TM (h)', 'TP (h)', and 'Número de mes'. The 'TP (h)' column contains the value '0' and the 'Número de mes' column contains the value '1'. To the right of the spreadsheet is a yellow button labeled 'CÁLCULO DISPONIBILIDAD'.

Figura 44: Registro de datos de la nueva máquina

Para la realización del registro de datos se deberá crear una tabla para que no se distorsionen los datos, después se debe agregar las fórmulas para el tiempo de parada que es la suma de tiempo de reparación y el tiempo muerto y la fórmula para el número de mes.

Para el cálculo de la disponibilidad se deberán poner las fórmulas con si.conjunto para obtener los datos de la tabla de registros, la suma mensual de los tiempos de operación

y tiempos de parada y la suma de las reparaciones para calcular MTBF, MTTR, λ , μ y la disponibilidad con sus respectivas fórmulas.

Obtenidos los datos y realizados los cálculos, se insertará un gráfico para MTBF vs Disponibilidad y Otro grafico para el tiempo de operación vs la tasa de fallo.

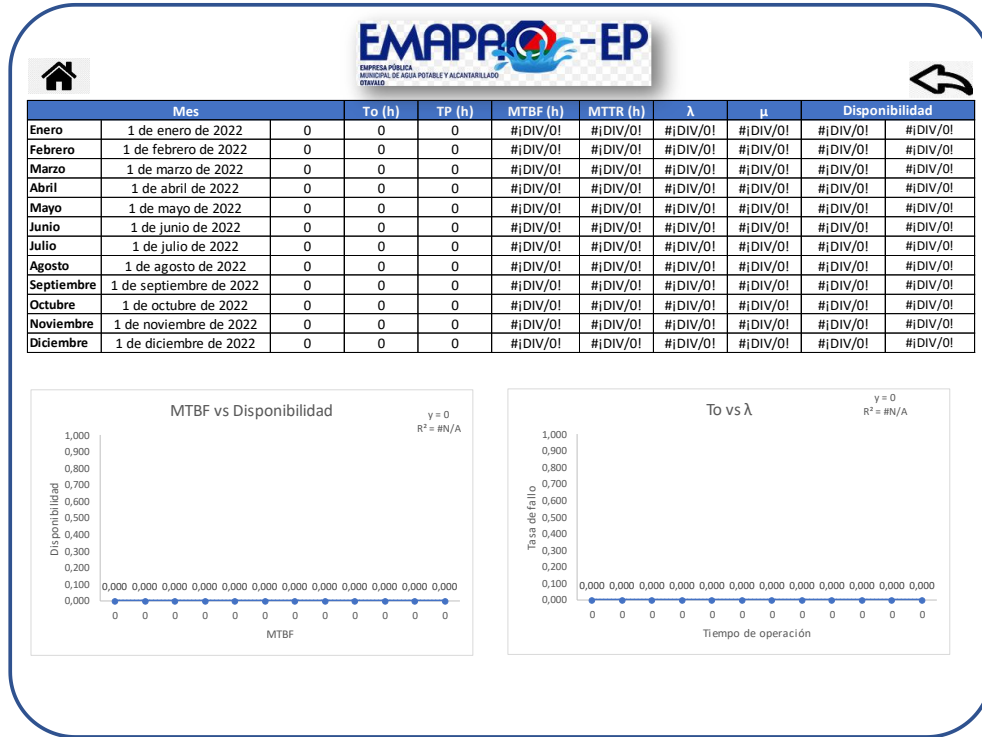


Figura 45: Cálculo disponibilidad y gráficos

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Debido a que el agua es vital para el consumo humano, es importante tener un plan de mantenimiento a su medio de transporte, que en este caso es la Estación de Bombeo de Punyaro de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Otavalo, por lo cual se ha realizado un inventario de equipos, con el que se pudo obtener las fichas técnicas de cada una de las máquinas y equipos para poder realizar una investigación para obtener los componentes principales que se les analizó para determinar su nivel de fallo.
- Se desarrolló el fundamento teórico-metodológico de la estación de bombeo de Punyaro en donde se investigó las generalidades, funcionamiento y mantenimiento de todos los equipos y máquinas para obtener un amplio conocimiento.
- Realizadas las hojas de mantenimiento, se pudo obtener que los equipos y máquinas tenían una disponibilidad alta mayor al 95%, esto es debido a que casi son máquinas y equipos nuevos, pero que con el uso diario que se les va a dar, con el tiempo pueden presentar paros imprevistos y que con la realización de este trabajo de grado se quiere disminuir estos paros imprevistos.
- Realizada la matriz AMFE mediante la norma NTP 679 de análisis modal de fallos efectos, se determinó los componentes que son más probables a tener fallos por lo cual se estableció el efecto que estos pueden ocasionar y afectar al suministro de agua potable, por lo que los componentes con un IPR alto para las motor- bombas son los cojinetes de bolas con un IPR de 80, hilos conductores IPR de 80, Turbina IPR de 72 y poleas con un IPR de 120 para los tableros eléctricos de control son contactores con un IPR de 120, relés térmicos con un IPR de 100, llave térmica con un IPR de 80, guardamotor con un IPR de 100 y transformador con un IPR de 120 y para el generador eléctrico son los filtros de aceite, aire y combustible con un IPR de 144, balero con un IPR de 72.
- Para el análisis de criticidad se realizó un segmento de frecuencia y consecuencia, para no críticos que están en un rango de 5 a 28, semi críticos están en un rango

de 30 a 48 y los críticos que están en un rango de 50 a 125 y que para cada uno de los equipos se realizó el análisis obteniendo para las motor-bombas 3 componentes críticos, 3 componentes semi críticos y 14 componentes no críticos, para los tableros eléctricos de control se obtuvo 1 componente crítico, 10 componentes semi críticos y 9 componentes no críticos y para el generador eléctrico se obtuvo 3 componentes críticos, 3 componentes semi críticos, 14 componentes no críticos.

- Realizado la matriz AMFE y el análisis de criticidad, se desarrolló la bitácora en la cual se detallará el mantenimiento realizado en un tiempo predeterminado para que no exista paros imprevistos y tener un registro de actividades desarrolladas.
- Las gamas de mantenimiento se realizaron basándonos en actividades que se desarrollen en conjunto para así no perder tiempo de producción en paros de equipos frecuentes.

4.2 Recomendaciones

- Es importante tener acceso a las áreas de las máquinas y equipos para poder realizar un correcto inventario y poder realizar unas fichas técnicas de la mejor manera posible.
- Se recomienda que cuando se realice la adecuación del área de la estación de bombeo es importante que no se pinten ni dañen las placas de los equipos.
- Es importante capacitar a los operadores de la estación de bombeo para que realicen un mejor trabajo.
- Para realizar cualquier trabajo en la estación de bombeo, si no se tiene el conocimiento, debe solicitar información al personal a cargo.
- Es importante estar alerta en la utilización de herramientas y máquinas, ya que si no se está pendiente puede ocasionar accidentes.
- Es importante el uso de elementos de protección personal adecuados para cada ambiente de trabajo.

Bibliografía

- [1] R. Ruiz Rivera, Mantenimiento preventivo de redes de distribución de agua y saneamiento (MF0609_2), IC Editorial, 2012.
- [2] E. Gutiérrez Lagoueyte, Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de bombeo del Grupo GEMI basado en el análisis FMECA y en mediciones CMD, Medellín: Ingeniero Mecánico Universidad EAFIT, 2006.
- [3] D. J. Delgado Apolinario, Propuesta de un plan de mantenimiento en función de la disponibilidad de los grupos de bombeo de la Empresa Interagua C.LTDA., Guayaquil: Ingeniería Industrial Universidad de Guayaquil, 2019.
- [4] S. R. Bonilla Parra, Estudio del mantenimiento de las estaciones de bombeo en EMAPA para incrementar la disponibilidad de las maquinarias, Ambato: Ingeniería Mecánica Universidad Técnica de Ambato, 2011.
- [5] S. I. d. I. S. d. A. P. y. Alcantarillado, CRITERIOS Y LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA FACTIBILIDADES. Estaciones de Bombeo, Guadalajara: SIAPA, 2014.
- [6] Organización Panamericana de la Salud, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, GUÍAS PARA EL DISEÑO DE ESTACIONES DE BOMBEO DE AGUA POTABLE, Lima: UNATSABAR, 2005.
- [7] J. Moreno Castro, Bombas Hidráulicas, Málaga: Editorial ICB, 2011, p. 156.
- [8] «Navarra.es,» 02 02 2015. [En línea]. Available: <https://www.navarra.es/nr/rdonlyres/4f8a02b4-a60a-42ea-9017-7c19f8722fa2/305689/bombas2.pdf>. [Último acceso: 03 08 2022].
- [9] I. Gallará y D. Pontelli, Mantenimiento Industrial, Córdoba: Jorge Sarmiento Editor - Universitas, 2020.
- [10] V. L. González Ajuech, Mantenimiento: técnicas y aplicaciones industriales, México: Grupo Editorial Patria, 2017.
- [11] C. A. Montilla Montaña, Mantenimiento Industrial y su Administración, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2019.
- [12] O. García Palencia, Gestión moderna del mantenimiento industrial, Bogotá: Ediciones de la U, 2012.
- [13] S. García Garrido, «RENOVETEC,» 15 09 2013. [En línea]. Available: https://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700502/moodle/file.php/78/2_Curso/0040._Montaje_y_mantenimiento

_de_equipos_de_refrigeracion_comercial/Capitulo_IV/Organizacion_y_gestion_del_mantenimiento_de_instalaciones_modif.pdf. [Último acceso: 2022 08 06].

- [14] S. Ackerman, Metodología de la investigación, Buenos Aires: Ediciones del Aula Taller, 2013.
- [15] R. Rios Ramirez, Metodología de la Investigación y redacción, Málaga: Servicios Académicos Internacionales SL, 2017.
- [16] Siemens, Motores / generadores, Bogotá: Siemens Industry, Inc., 2010.
- [17] Hidrostral, Manual de usuario bombas centrifugas, 2018.
- [18] Marathon Electric, Magnaplus Generator, Florida : Marathon Electric Mfg. Corp., 2013.
- [19] B. Franco Quimis y M. Cobeña Alava, «Corporación Nacional de Electricidad,» 13 10 2015. [En línea]. Available: <https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/bajarArchivo.cpe?Archivo=MPbSa-0KLSfT145RMM8oRoNfwvCjgn8sSsgjuSWOoO0,.> [Último acceso: 14 09 2022].

Anexos

Anexo 1: NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos

Anexo 2: Catálogos motor-bomba y generador eléctrico

Anexo 3: Planos generales

Anexo 4: Bitácoras de mantenimiento

Anexo 1

NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE

Analyse des modes de défauts et effets. AMDE

Failure Mode and Effect Analysis. FMEA

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactores:

Manuel Bestratén Belloví
Ingeniero Industrial

Rosa M^a Orriols Ramos
Licenciada en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Carles Mata París
Ingeniero Técnico

SEAT, S.A.

La presente NTP tiene por objeto exponer el método de análisis modal de fallos y efectos de elementos clave de procesos o productos. Esta herramienta es una de las tradicionales empleadas en el ámbito de la Calidad para la identificación y análisis de potenciales desviaciones de funcionamiento o fallos, preferentemente en la fase de diseño. Se trata de un método cualitativo que por sus características, resulta de utilidad para la prevención integral de riesgos, incluidos los laborales.

1. INTRODUCCIÓN

El AMFE fue aplicado por vez primera por la industria aeronáutica en la década de los 60, e incluso recibió una especificación en la norma militar americana MIL-STD-16291 titulada "Procedimientos para la realización de análisis de modo de fallo, efectos y criticidad". En la década de los 70 lo empezó a utilizar Ford, extendiéndose más tarde al resto de fabricantes de automóviles. En la actualidad es un método básico de análisis en el sector del automóvil que se ha extrapolado satisfactoriamente a otros sectores. Este método también puede recogerse con la denominación de AMFEC (Análisis Modal de Fallos, Efectos y su Criticidad), al introducir de manera remarcable y más precisa la especial gravedad de las consecuencias de los fallos.

Aunque la técnica se aplica fundamentalmente para analizar un producto o proceso en su fase de diseño, este método es válido para cualquier tipo de proceso o situación, entendiéndose que los procesos se encuentran en todos los ámbitos de la empresa, desde el diseño y montaje hasta la fabricación, comercialización y la propia organización en todas las áreas funcionales de la empresa. Evidentemente, este método a pesar de su enorme sencillez es usualmente aplicado a elementos o procesos clave en donde los fallos que pueden acontecer, por sus consecuencias puedan tener repercusiones importantes en los resultados esperados. El principal interés del AMFE es el de resaltar los puntos críticos con el fin de eliminarlos o establecer un sistema preventivo (medidas correctoras) para evitar su aparición o minimizar sus consecuencias, con lo que se puede convertir en un riguroso procedimiento de detección de defectos potenciales, si se aplica de manera sistemática.

La aplicación del AMFE por los grupos de trabajo implicados en las instalaciones o procesos productivos de los que son en parte conductores o en parte usuarios en sus diferentes aspectos, aporta un mayor conocimiento de los mismos y sobre todo de sus aspectos más débiles, con las consiguientes medidas preventivas a aplicar para su necesario control. Con ello se está facilitando la integración de la cultura preventiva en la empresa, descubriéndose que mediante el trabajo en equipo es posible profundizar de manera ágil en el conocimiento y mejorar a la calidad de productos y procesos reduciendo costes.

En la medida que el propósito del AMFE consiste en sistematizar el estudio de un proceso/producto, identificar los puntos de fallo potenciales, y elaborar planes de acción para combatir los riesgos, el procedimiento, como se verá, es asimilable a otros métodos simplificados empleados en prevención de riesgos laborales. Este método emplea criterios de clasificación que también son propios de la Seguridad en el Trabajo, como la posibilidad de acontecimiento de los fallos o hechos indeseados y la severidad o gravedad de sus consecuencias. Ahora bien, el AMFE introduce un factor de especial interés no utilizado normalmente en las evaluaciones simplificadas de riesgos de accidente, que es la capacidad de detección del fallo producido por el destinatario o usuario del equipo o proceso analizado, al que el método originario denomina cliente. Evidentemente tal cliente o usuario podrá ser un trabajador o equipo de personas que receptionan en un momento determinado un producto o parte del mismo en un proceso productivo, para intervenir en él, o bien en último término, el usuario final de tal producto cuando haya de utilizarlo en su lugar de aplicación. Es sabido que los fallos materiales suelen estar mayoritariamente asociados en su origen a la fase de diseño y cuanto más se tarde en detectarlos más costosa será su solución. De ahí la importancia de realizar el análisis de potenciales problemas en instalaciones, equipos y procesos desde el inicio de su concepción y pensando siempre en las diferentes fases de su funcionamiento previsto. A continuación se aportan una serie de definiciones sobre los conceptos asumidos por este método.

Este método no considera los errores humanos directamente, sino su correspondencia inmediata de mala operación en la situación de un componente o sistema. En definitiva, el AMFE es un método cualitativo que permite relacionar de manera sistemática una relación de fallos posibles, con sus consiguientes efectos, resultando de fácil aplicación para analizar cambios en el diseño o modificaciones en el proceso.

2. DEFINICIONES DE TÉRMINOS FUNDAMENTALES DEL AMFE

Como paso previo a la descripción del método y su aplicación es necesario sentar los términos y conceptos fundamentales, que a continuación se describen.

Cliente o usuario

Solemos asociar la palabra cliente al usuario final del producto fabricado o el destinatario-usuario del resultado del proceso o parte del mismo que ha sido analizado. Por lo tanto, en el AMFE, el cliente dependerá de la fase del proceso o del ciclo de vida del producto en el que apliquemos el método. La situación más crítica se produce cuando un fallo generado en un proceso productivo que repercute decisivamente en la calidad de un producto no es controlado a tiempo y llega en tales condiciones al último destinatario o cliente.

Si uno de los aspectos determinantes del método es asegurar la satisfacción de las necesidades de los usuarios, evitando los fallos que generan problemas e insatisfacciones, para conocerlas es necesario tener herramientas que nos permitan registrarlas. Para ello disponemos, entre otras, de dos herramientas: los cuestionarios de satisfacción de necesidades de clientes o usuarios y la doble matriz de información para comprobar como los resultados esperados de productos/procesos responden a las expectativas de sus usuarios.

El propósito del diseño, o sea lo que se espera se consiga o no del mismo, debe estar acorde con las necesidades y requisitos que pide el usuario; con lo que al realizar el AMFE y aplicarlo en la fase de diseño siempre hay que pensar en el cliente-usuario, ese "quien", es el que nos marca el objetivo final.

Es por eso que las funciones prioritarias al realizar el AMFE son las denominadas "funciones de servicio", este tipo de funciones nos permitirán conocer el susodicho grado de satisfacción del cliente tanto de uso del producto como de estimación (complacencia). Las "funciones de servicio" son necesidades directas de los sistemas analizados y no dependen solo de la tecnología, es por eso que para determinarlas hay que analizar, como se ha dicho, dos aspectos: las necesidades que se tienen que satisfacer y el impacto que tienen sobre el cliente dichas necesidades. Esto nos permitirá determinar y priorizar las funciones de servicio y a partir de ahí realizar el AMFE.

Producto

El producto puede ser una pieza, un conjunto de piezas, el producto final obtenido de un proceso o incluso el mismo proceso. Lo importante es poner el límite a lo que se pretende analizar y definir la función esencial a realizar, lo que se denomina identificación del elemento y determinar de que subconjuntos / subproductos está compuesto el producto

Por ejemplo: podemos analizar un vehículo motorizado en su conjunto o el sistema de carburación del mismo. Evidentemente, según el objetivo del AMFE, podrá ser suficiente revisar las funciones esenciales de un producto o profundizar en alguna de sus partes críticas para analizar en detalle sus modos de fallo.

Seguridad de funcionamiento

Hablamos de seguridad de funcionamiento como concepto integrador, ya que además de la fiabilidad de respuesta a sus funciones básicas se incluye la conservación, la disponibilidad y la seguridad ante posibles riesgos de daños tanto en condiciones normales en el régimen de funcionamiento como ocasionales. Al analizar tal seguridad de funcionamiento de un producto/proceso, a parte de los mismos, se habrán de detectar los diferentes modos o maneras de producirse los fallos previsible con su detectabilidad (facilidad de detección), su frecuencia y gravedad o severidad, y que a continuación se definen.

Detectabilidad

Este concepto es esencial en el AMFE, aunque como se ha dicho es novedoso en los sistemas simplificados de evaluación de riesgos de accidente.

Si durante el proceso se produce un fallo o cualquier "output" defectuoso, se trata de averiguar cuan probable es que no lo "detectemos", pasando a etapas posteriores, generando los consiguientes problemas y llegando en último término a afectar al cliente – usuario final.

Cuanto más difícil sea detectar el fallo existente y más se tarde en detectarlo más importantes pueden ser las consecuencias del mismo.

Frecuencia

Mide la repetitividad potencial u ocurrencia de un determinado fallo, es lo que en términos de fiabilidad o de prevención llamamos la probabilidad de aparición del fallo.

Gravedad

Mide el daño normalmente esperado que provoca el fallo en cuestión, según la percepción del cliente - usuario. También cabe considerar el daño máximo esperado, el cual iría asociado también a su probabilidad de generación.

Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)

Tal índice está basado en los mismos fundamentos que el método histórico de evaluación matemática de riesgos de FINE, William T., si bien el índice de prioridad del AMFE incorpora el factor detectabilidad. Por tanto, tal índice es el producto de la frecuencia por la gravedad y por la detectabilidad, siendo tales factores traducibles a un código numérico adimensional que permite priorizar la urgencia de la intervención, así como el orden de las acciones correctoras. Por tanto debe ser calculado para todas las causas de fallo.

$$IPR = D.G.F$$

Es de suma importancia determinar de buen inicio cuales son los puntos críticos del producto/proceso a analizar. Para ello hay que recurrir a la observación directa que se realiza por el propio grupo de trabajo, y a la aplicación de técnicas generales de análisis desde el "brainstorming" a los diagramas causa-efecto de Isikawa, entre otros, que por su sencillez son de conveniente utilización. La aplicación de dichas técnicas y el grado de profundización en el análisis depende de la composición del propio grupo de trabajo y de su cualificación, del tipo de producto a analizar y como no, del tiempo hábil disponible.

3. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

A continuación se indican de manera ordenada y esquemática los pasos necesarios con los correspondientes informaciones a cumplimentar en la hoja de análisis para la aplicación del método AMFE de forma genérica. El esquema de presentación de la información que se muestra en esta NTP tiene un valor meramente orientativo, pudiendo adaptarse a las características e intereses de cada organización. No obstante, el orden de cumplimentación sigue el mismo en el que los datos deberán ser recabados. Al final se adjunta una sencilla aplicación práctica, a modo de ejemplo. En primer lugar habría que definir si el AMFE a realizar es de proyecto o de producto/proceso. Cuando el AMFE se aplica a un proceso de-

terminado, hay que seleccionar los elementos clave del mismo asociados al resultado esperado. Por ejemplo, supongamos que se trata de un proceso de intercambio térmico para enfriar un reactor químico, los elementos clave a aplicar entonces en el AMFE podrían ser el propio intercambiador y la bomba de suministro de fluido refrigerante. En todo caso, hablemos de producto o proceso, en el AMFE nos centraremos en el análisis de elementos materiales con unas características determinadas y con unos modos de fallo que se trata de conocer y valorar.

Denominación del componente e identificación

Debe identificarse el PRODUCTO o parte del PROCESO incluyendo todos los subconjuntos y los componentes que forman parte del producto/proceso que se vaya a analizar, bien sea desde el punto de vista de diseño del producto/proyecto o del proceso propiamente dicho. Es útil complementar tal identificación con códigos numéricos que eviten posibles confusiones al definir los componentes.

Parte del componente. Operación o función

Se completa con distinta información dependiendo de si se está realizando un AMFE de diseño o de proceso.

Para el AMFE de diseño se incluyen las partes del componente en que puede subdividirse y las funciones que realiza cada una de ellas, teniendo en cuenta las interconexiones existentes. Para el AMFE de proceso se describirán todas las operaciones que se realizan a lo largo del proceso o parte del proceso productivo considerado, incluyendo las operaciones de aprovisionamiento, de producción, de embalaje, de almacenado y de transporte.

Fallo o Modo de fallo

El "Modo de Fallo Potencial" se define como la forma en la que una pieza o conjunto pudiera fallar potencialmente a la hora de satisfacer el propósito de diseño/proceso, los requisitos de rendimiento y/o las expectativas del cliente.

Los modos de fallo potencial se deben describir en términos "físicos" o técnicos, no como síntoma detectable por el cliente. El error humano de acción u omisión en principio no es un modo de fallo del componente analizado. Es recomendable numerarlos correlativamente.

Un fallo puede no ser detectable inmediatamente, ello como se ha dicho es un aspecto importante a considerar y por tanto no debería nunca pasarse por alto.

Efecto/s del fallo

Normalmente es el síntoma detectado por el cliente/usuario del modo de fallo, es decir si ocurre el fallo potencial como lo percibe el cliente, pero también como repercute en el sistema. Se trata de describir las consecuencias no deseadas del fallo que se puede observar o detectar, y siempre deberían indicarse en términos de rendimiento o eficacia del producto/proceso. Es decir, hay que describir los síntomas tal como lo haría el propio usuario.

Cuando se analiza solo una parte se tendrá en cuenta la repercusión negativa en el conjunto del sistema, para así poder ofrecer una descripción más clara del efecto.

Si un modo de fallo potencial tiene muchos efectos, a la hora de evaluar, se elegirán los más graves.

Causas del modo de fallo

La causa o causas potenciales del modo de fallo están en el origen del mismo y constituyen el indicio de una debilidad del diseño cuya consecuencia es el propio modo de fallo.

Es necesario relacionar con la mayor amplitud posible todas las causas de fallo concebibles que pueda asignarse a cada modo de fallo. Las causas deberán relacionarse de la forma más concisa y completa posible para que los esfuerzos de corrección puedan dirigirse adecuadamente. Normalmente un modo de fallo puede ser provocado por dos o más causas encadenadas.

Ejemplo de AMFE de diseño:

Supongamos que estamos analizando el tubo de escape de gases de un automóvil en su proceso de fabricación.

- Modo de fallo: Agrietado del tubo de escape
Efecto: Ruido no habitual
Causa: Vibración – Fatiga

Ejemplo AMFE de proceso:

Supongamos que estamos analizando la función de refrigeración de un reactor químico a través de un serpentín con aporte continuo de agua.

- Modo de fallo 1: Ausencia de agua.
Causas: fallo del suministro, fuga en conducción de suministro, fallo de la bomba de alimentación.
- Modo de fallo 2: Pérdida de capacidad refrigerante.
Causas: Obstrucciones calcáreas en el serpentín, perforación en el circuito de refrigeración.

Efecto en ambos modos de fallo: Incremento sustancial de temperatura. Descontrol de la reacción

Medidas de ensayo y control previstas

En muchos AMFE suele introducirse este apartado de análisis para reflejar las medidas de control y verificación existentes para asegurar la calidad de respuesta del componente/producto/proceso. La fiabilidad de tales medidas de ensayo y control condicionará a su vez a la frecuencia de aparición de los modos de fallo. Las medidas de control deberían corresponderse para cada una de las causas de los modos de fallo.

Gravedad

Determina la importancia o severidad del efecto del modo de fallo potencial para el cliente (no teniendo que ser este el usuario final); valora el nivel de consecuencias, con lo que el valor del índice aumenta en función de la insatisfacción del cliente, la degradación de las prestaciones esperadas y el coste de reparación.

Este índice sólo es posible mejorarlo mediante acciones en el diseño, y no deberían afectarlo los controles derivados de la propia aplicación del AMFE o de revisiones periódicas de calidad.

El cuadro de clasificación de tal índice debería diseñarlo cada empresa en función del producto, servicio, proceso en concreto. Generalmente el rango es con números enteros, en la tabla adjunta la puntuación va del 1 al 10, aunque a veces se usan rangos menores (de 1 a 5), desde una pequeña insatisfacción, pasando por una degradación funcional en el uso, hasta el caso más grave de no adaptación al uso, problemas de seguridad o infracción reglamentaria importante. Una clasificación tipo podría ser la representada en la tabla 1

TABLA 1. Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el cliente/usuario

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observaría un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

Desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, la gravedad valora las consecuencias de la materialización del riesgo, entendiéndolas como el accidente o daño más probable/habitual. Ahora bien, en el AMFE se enriquece este concepto introduciendo junto a la importancia del daño del tipo que sea en el sistema, la percepción que el usuario-cliente tiene del mismo. Es decir, el nivel de gravedad del AMFE nos está dando también el grado de importancia del fallo desde el punto de vista de sus peores consecuencias, tanto materiales como personales u organizacionales.

Siempre que la gravedad esté en los niveles de rango de gravedad superior a 4 y la detectabilidad sea superior a 4, debe considerarse el fallo y las características que le corresponden como importantes. Aunque el IPR resultante sea menor al especificado como límite, conviene actuar sobre estos modos de fallo. De ahí que cuando al AMFE se incorpora tal atención especial a los aspectos críticos, el método se conozca como AMFEC, correspondiendo la última letra a tal aspecto cuantificable de la criticidad

Estas características de criticidad se podrían identificar con algún símbolo característico (por ej. Un triángulo de diferentes colores) en la hoja de registro del AMFE, en el plan de control y en el plano si corresponde.

Frecuencia

Es la Probabilidad de que una causa potencial de fallo (causa específica) se produzca y dé lugar al modo de fallo.

Se trata de una evaluación subjetiva, con lo que se recomienda, si se dispone de información, utilizar datos históricos o estadísticos. Si en la empresa existe un Control Estadístico de Procesos es de gran ayuda para poder objetivar el valor. No obstante, la experiencia es esencial. La frecuencia de los modos de fallo de un producto final con funciones clave de seguridad, adquirido a un proveedor, debería ser suministrada al usuario, como punto de partida, por dicho proveedor. Una posible clasificación se muestra en la tabla 2.

La única forma de reducir el índice de frecuencia es:

- Cambiar el diseño, para reducir la probabilidad de que el fallo pueda producirse.
- Incrementar o mejorar los sistemas de prevención y/o control que impiden que se produzca la causa de fallo.

Controles actuales

En este apartado se deben reflejar todos los controles existentes actualmente para prevenir las causas del fallo y detectar el efecto resultante.

Detectabilidad

Tal como se definió anteriormente este índice indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, sea detectado con antelación suficiente para evitar daños, a través de los "controles actuales" existentes a tal fin. Es decir, la capacidad de de-

TABLA 2. Clasificación de la frecuencia/probabilidad de ocurrencia del modo de fallo

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

TABLA 3. Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

tecar el fallo antes de que llegue al cliente final. Inversamente a los otros índices, cuanto menor sea la capacidad de detección mayor será el índice de detectabilidad y mayor el consiguiente Índice de Riesgo, determinante para priorizar la intervención. Ver la tabla 3.

Se hace necesario aquí puntualizar que la detección no significa control, pues puede haber controles muy eficaces pero si finalmente la pieza defectuosa llega al cliente, ya sea por un error, etc., la detección tendrá un valor alto. Aunque está claro que para reducir este índice sólo se tienen dos opciones:

- Aumentar los controles. Esto supone aumentar el coste con lo que es una regla no prioritaria en los métodos de Calidad ni de Prevención.
- Cambiar el diseño para facilitar la detección.

Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)

Es el producto de los tres factores que lo determinan. Dado que tal índice va asociado a la prioridad de intervención, suele llamarse Índice de Prioridad del Riesgo. Debe ser calculado para todas las causas de fallo. No se establece un criterio de clasificación de tal índice. No obstante un IPR inferior a 100 no requeriría intervención salvo que la mejora fuera fácil de introducir y contribuiría a mejorar aspectos de calidad del producto, proceso o trabajo. El ordenamiento numérico de las causas de modos de fallo por tal índice ofrece una primera aproximación de su importancia, pero es la reflexión detenida ante los factores que las determinan, lo que ha de facilitar la toma de decisiones para la acción preventiva. Como todo método cualitativo su principal aportación es precisamente el facilitar tal reflexión.

Acción correctora

Se describirá en este apartado la acción correctora propuesta. Generalmente el tipo de acción correctora que elegiremos seguirá los siguientes criterios, de ser posible:

- Cambio en el diseño del producto, servicio o proceso general.
- Cambio en el proceso de fabricación.
- Incremento del control o la inspección.

Siempre hay que mirar por la eficiencia del proceso y la minimización de costes de todo tipo, generalmente es más económico reducir la probabilidad de ocurrencia de fallo que dedicar recursos a la detección de fallos. No obstante, la gravedad de las consecuencias del modo de

fallo debería ser el factor determinante del índice de prioridad del riesgo. O sea, si se llegara al caso de dos situaciones que tuvieran el mismo índice, la gravedad sería el factor diferencial que marcaría la prioridad.

Responsable y plazo

Como en cualquier planificación de acciones correctoras se deberá indicar quien es el responsable de cada acción y las fechas previstas de implantación.

Acciones implantadas

Este apartado es opcional, no siempre lo contienen los métodos AMFE, pero puede ser de gran utilidad recogerlo para facilitar el seguimiento y control de las soluciones adoptadas. Se deben reflejar las acciones realmente im-

TABLA 4. Proceso de actuación para la realización de un AMFE de proceso

1. Disponer de un esquema gráfico del proceso productivo (lay-out).
2. Seleccionar procesos/operaciones clave para el logro de los resultados esperados.
3. Crear grupo de trabajo conocedor del proceso en sus diferentes aspectos. Los miembros del grupo deberían haber recibido previamente conocimientos de aplicación de técnicas básicas de análisis de fallos y del AMFE.
4. Recabar información sobre las premisas generales del proceso, funciones de servicio requeridas, exigencias de seguridad y salud en el trabajo y datos históricos sobre incidentes y anomalías generadas.
5. Disponer de información sobre prestaciones y fiabilidad de elementos clave del proceso.
6. Planificar la realización del AMFE, conducido por persona conocedora de la metodología.
7. Aplicar técnicas básicas de análisis de fallos. Es esencial el diagrama causa- efecto o diagrama de la espina de Isikawa.
8. Cumplimentar el formulario del AMFE, asegurando la fiabilidad de datos y respuestas por consenso.
9. Reflexionar sobre los resultados obtenidos y emitir conclusiones sobre las intervenciones de mejora requeridas.
10. Planificar las correspondientes acciones de mejora.

TABLA 5. Ejemplo de formulario de AMFE cumplimentado parcialmente para el análisis de operaciones de soldadura y marcado del proceso de prensas y chapistería

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)																	
AMFE DE PROYECTO <input type="checkbox"/>		AMFE DE PROCESO <input type="checkbox"/>		DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO				CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE		Hoja:							
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:				COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)				MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN		FECHA INICIO: FECHA REVISIÓN:							
OPERACIÓN O FUNCIÓN	FALLO Nº	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL				ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA						
		MODOS DE FALLO	EFFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D			IPR	ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D	IPR	
Soldadura MIG	1.1	Falta soldadura	Retrabajos, ruidos, falta de rigidez	Defectos de acoplamiento	Ninguna	8	8	2	128	Previstos grupos y aprietes en zona MIG	Proceso Chapa / Anteproyecto						
	1.2			Pestañas fuera de geometría	Ninguna	8	8	2	128	Pestañas bien diseñadas para garantizar geometría	Proyectos / Anteproyecto						
	1.3	Soldadura defectuosa	Agujeros en chapa	Desacoplamiento chapas	Ninguna	8	8	2	128	Garantizar geometrías y acoplamientos	Proceso Chapa / Anteproyecto						
	1.4	Mala calidad de soldadura	Retrabajos, ruidos, grietas	Parámetros de soldadura incorrectos	Ninguna	2	9	8	144	Acceso restringido a los parámetros de máquina. Control periódico de los mismos.	Proceso Chapa / Anteproyecto						
	1.5	Proyecciones suciedad poros	Óxido, suciedad en bajos en pinturas	Falta de gas. Malos parámetros	Ninguna	6	8	7	336	Incorporar medios en la estación para eliminar suciedad.	Proceso Chapa / Anteproyecto						
	1.6			Ausencia de vallas oscuras	Ninguna	10	8	2	160	Colocar pantallas de protección en zonas de soldadura MIG	Proceso Chapa / Anteproyecto						
	1.7		Deslumbramiento	Problemas de visión de los operarios	Ausencia de puertas oscuras	Ninguna	10	8	2	160	Colocar puertas de protección para no deslumbrar	Proceso Chapa / Anteproyecto					
	1.8		Exceso de humos	Exposición a agentes químicos	Campanas de humos ubicadas muy alejadas de la zona de emanación del humo.	Ninguna	6	8	4	192	Colocar campanas de aspiración justo al lado de la fuente del humo.	Proceso Chapa / Anteproyecto					
	1.9		Exceso de fuego	Proyecciones	No hay protección	Ninguna	6	5	6	180	Caja de latón que protege chapa y la máquina, todo ello en sus partes vistas.	Proceso Chapa / Anteproyecto					

plantadas que a veces puede ser que no coincidan exactamente con las propuestas inicialmente. En tales situaciones habría que recalcular el nuevo IPR para comprobar que está por debajo del nivel de actuación exigido.

A modo de resumen los puntos más importantes para llevar a cabo el procedimiento de actuación de un AMFE son los descritos en la tabla 4.

A título de ejemplo se muestra en la tabla 5 una hoja para la recogida de informaciones y datos de un AMFE, de acuerdo al contenido de esta Nota Técnica de Prevención. Se ha cumplimentado para una hipotética situación de análisis de la operación de soldadura mix en el proceso de prensas y chapistería de una empresa de fabricación de automóviles.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) PAUL JAMES.
Gestión de la Calidad Total
Prentice Hall, 1996
- (2) PATRICK LYONNET
Los métodos de la Calidad Total
Ediciones Diaz de Santos, 1989
- (3) DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL
Métodos cualitativos para el análisis de riesgos. Guía Técnica.
Madrid, 1994

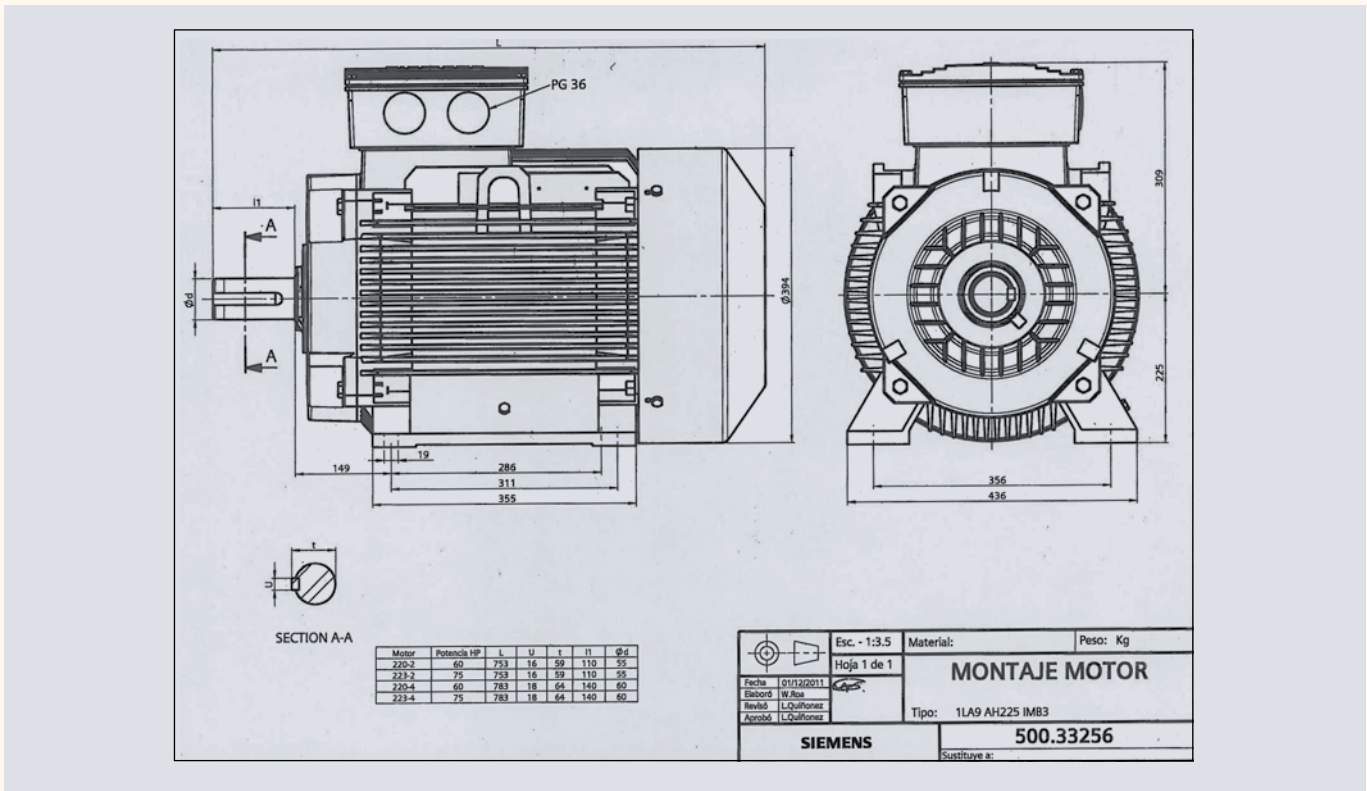
Nuestro agradecimiento a los Servicios de Prevención de Riesgos Laborales y de Calidad de la empresa SEAT, de Martorell (Barcelona), por su colaboración.

Anexo 2

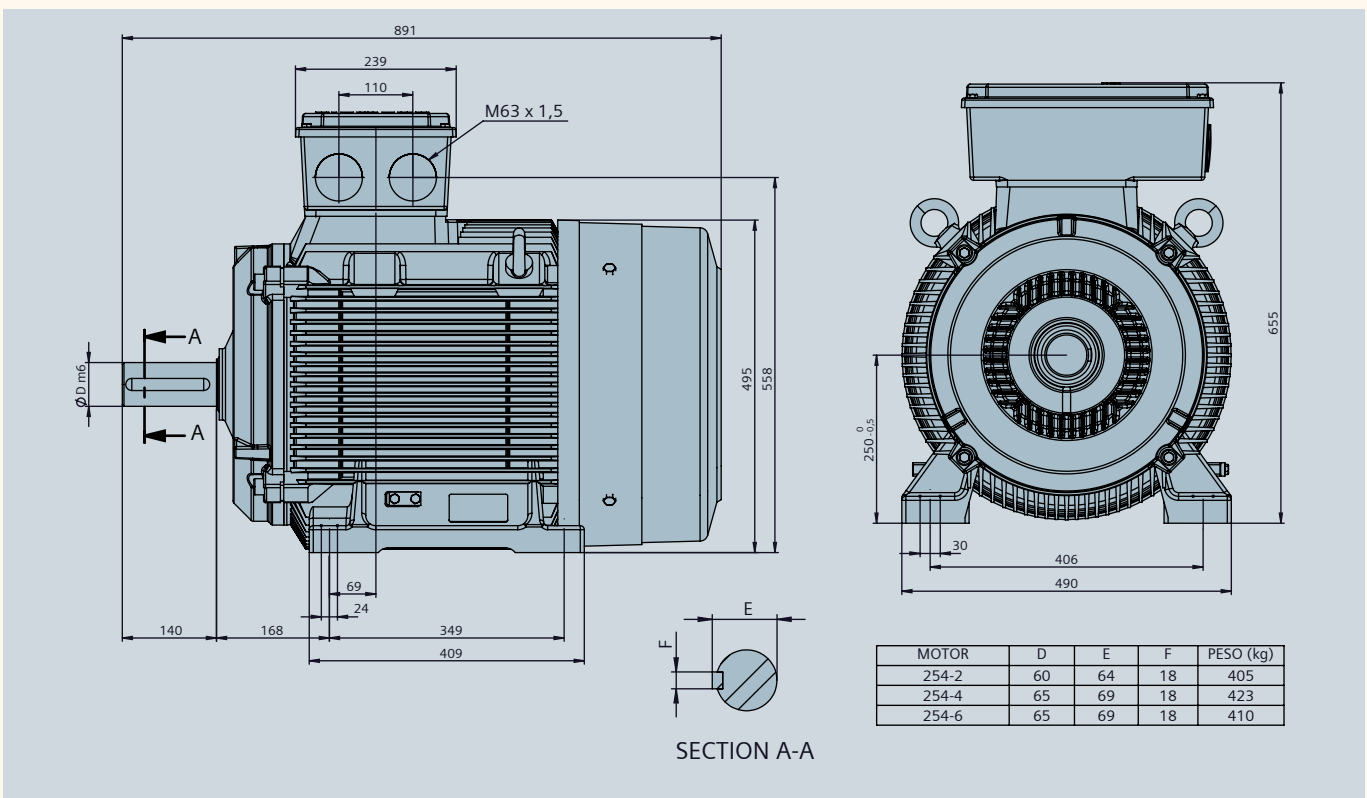
Motor-Bomba

DIMENSIONES GENERALES DE MONTAJE MOTORES TRIFÁSICOS DE ALTA EFICIENCIA CLASE IE2 1LA9 Y 1LG4

1LA9 AH 225 IMB3



Tamaño 250



Siemens S.A. - Hecho en Colombia

Generador Eléctrico

ESPECIFICACIONES

MODELO/TAMAÑO ARMAZÓN	RESISTENCIA EXCITADOR	
	ESTATOR	ROTOR
281, 282, 283, 284, 285, 286, 287	18.0	.120
361, 362, 363 -- trifásico	23.5	.120
361, 362, 363 -- dedicado monofásico	23.0	.135
431, 432, 433 -- trifásico	18.5	.120
431, 432 -- dedicado monofásico	18.0	.105

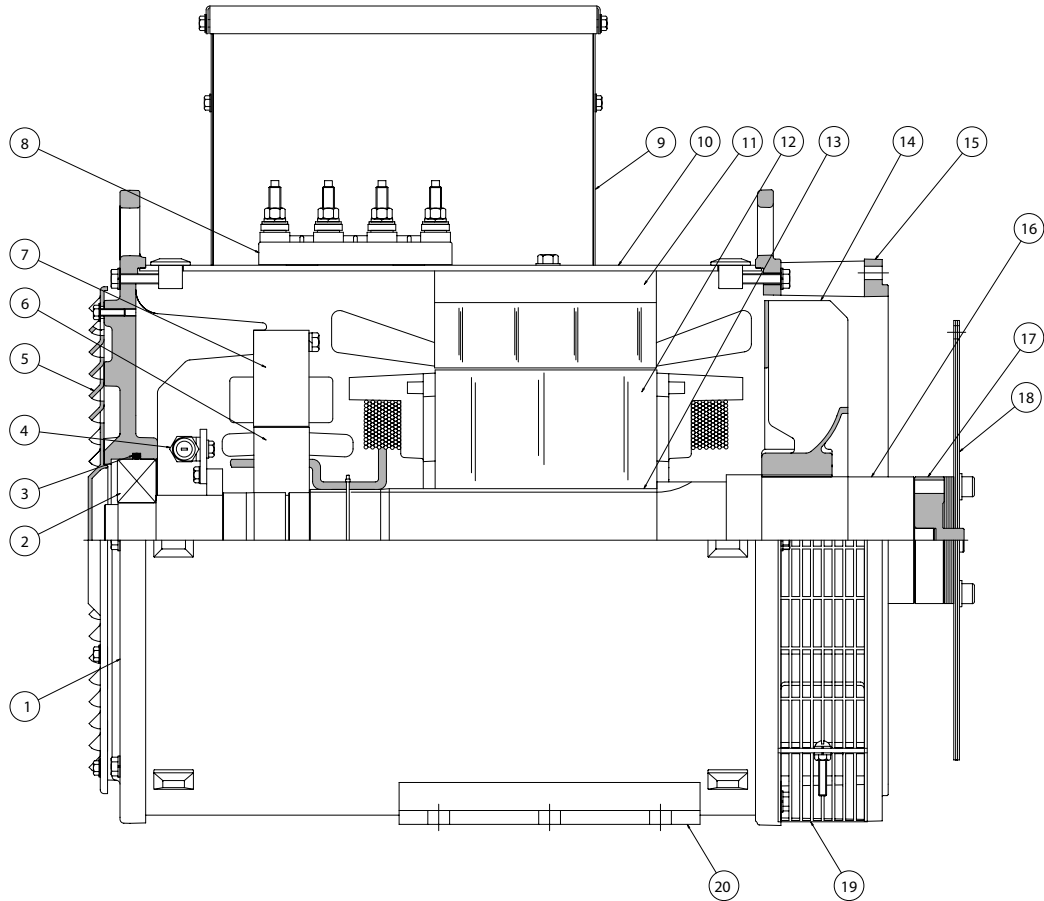
MODELO	RESISTENCIA GENERADOR		CAMPO EXCIT. VOLTIOS SIN CARGA 480 V / 60 HZ
	ESTATOR*	ROTOR	
281PSL1500	4.20	0.40	11.0
281PSL1501	4.15	0.40	11.0
281CSL1502	0.47	0.72	6.40
281PSL1502	3.20	0.44	9.0
282PSL1703	1.07	0.34	14.70
282CSL1504	1.24	0.80	6.20
282PSL1704	1.07	0.34	14.70
282CSL1505	0.87	0.90	5.80
282PSL1705	0.74	0.37	14.35
283CSL1506	0.54	1.00	8.20
283PSL1706	0.45	0.40	12.95
283CSL1507	0.44	1.18	9.20
283PSL1707	0.39	0.46	11.20
284CSL1508	0.29	1.36	10.00
284PSL1708	0.27	0.52	14.18
284CSL1542	0.27	1.36	8.30
284PSL1742	0.22	0.54	14.00
285PSL1700	0.20	0.58	11.90
286PSL1701	0.14	0.72	10.68
287PSL1702	0.12	0.79	10.9
361CSL1600	.381	0.75	11.8
361CSL1601	.264	0.81	12.5
361CSL1602	.181	0.99	14.1
362CSL1604	.138	1.05	12.2
362CSL1606	.098	1.20	10.8
363CSL1607	.069	1.37	12.2
431CSL6202	.021	0.81	15.1
431CSL6204	.048	0.64	13.6
431CSL6206	.037	0.68	13.82
431CSL6208	.013	0.72	12.20
432PSL6210	.021	0.81	15.1
432PSL6212	.023	0.87	14.1
433PSL6216	.012	1.07	16.2
433PSL6220	.012	0.97	15.6

DEDICADO MONO- FÁSICO	RESISTENCIA GENERADOR		CAMPO EXCIT. VOLTIOS SIN CARGA 480 V / 60 HZ
	ESTATOR	ROTOR	
281PSL1500	4.20	0.40	11.0
281CSL1513	0.47	0.72	4.3
281PSL1511	1.420	0.38	8.3
281PSL1512	1.106	0.40	8.1
281PSL1513	.632	0.43	8.7
282CSL1515	0.21	0.82	6.2
282PSL1714	0.19	0.35	13.0
282PSL1715	0.19	0.35	13.0
282PSL1716	0.11	0.36	12.4
283CSL1517	0.08	1.14	12.7
283PSL1717	0.5	0.41	11.8
283PSL1718	0.07	0.46	10.1
284CSL1518	0.06	1.41	12.5
284CSL1550	0.05	1.48	16.0
284PSL1750	0.05	0.55	11.1
285PSL1711	0.04	0.58	11.0
286PSL1712	0.03	0.71	9.7
287PSL1713	0.02	0.78	12.3
361PSL1611	.070	0.75	17.5
361PSL1612	.043	0.86	16.1
361CSL1613	.037	0.93	13.6
362CSL1615	.019	1.20	17.0
363CSL1617	.012	1.35	23.0
431PSL6222	.025	0.52	9.9
431PSL6224	.013	0.62	13.8
431PSL6226	.009	0.64	15.1
432PSL6228	.007	0.85	11.2

* Resistencia del estator medida línea a línea en una conexión wye alta.

LISTA DE PARTES – BALERO ÚNICO

Sección transversal típica del generador

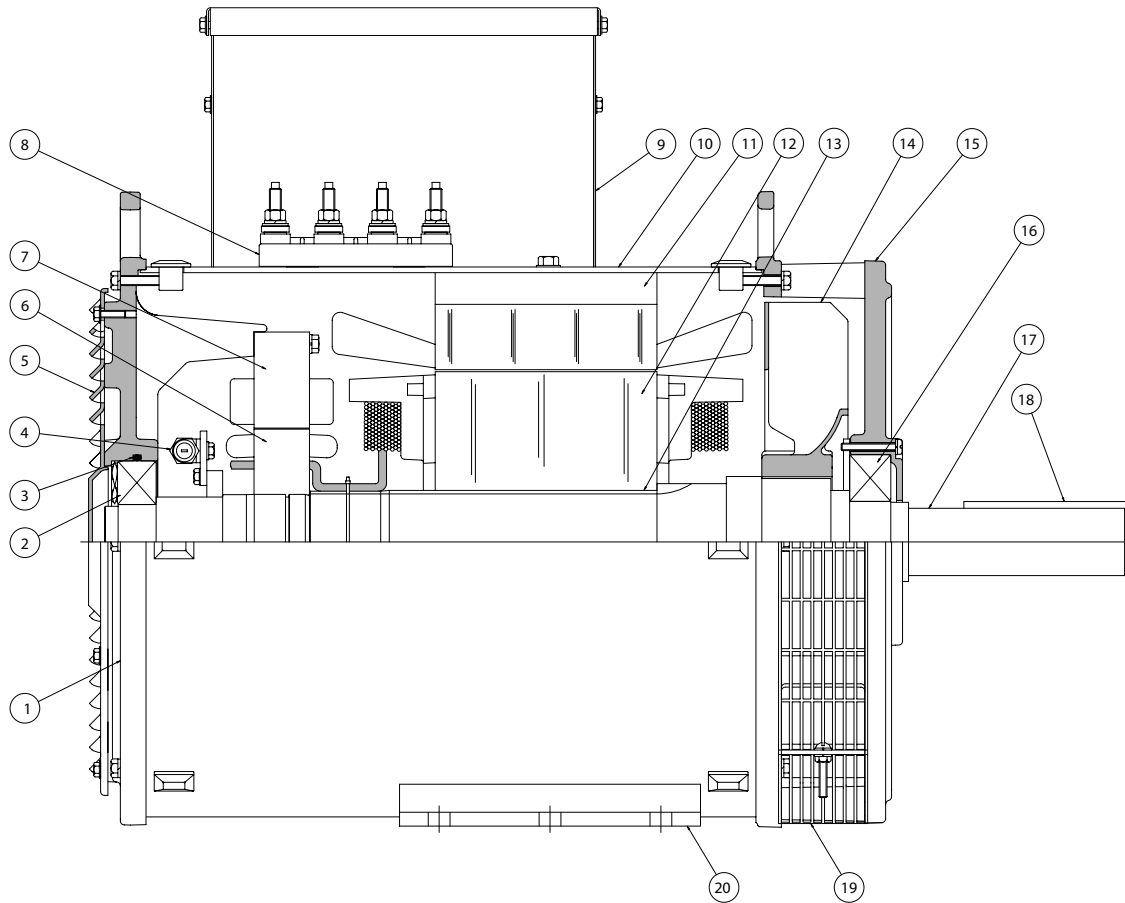


Número de referencia	Nombre de la parte	Número de referencia	Nombre de la parte
1	Soporte final (bajo cubierta final armazones 360 & 430)	11	Estator principal
2	Balero	12	Rotor principal
3	O-anillo (sólo armazones 280 y 360)	13	integral del rotor
4	Ensamblaje del rectificador	14	Ventilador
5	Cubierta de entrada de aire	15	Adaptador de montaje (SAE)
6	Rotor excitador	16	Eje
7	Estator excitador	17	Hub de propulsión
8	Tablero de conexión (bloque terminal)	18	Disco de propulsión (SAE)
9	Caja conductora	19	Rejilla de extractor (no muestra tapa escurridora)
10	Armazón del generador	20	Base de montaje

Nota: La ilustración de arriba es un armazón 360 MagnaPLUS®. Hay otros tamaños de armazones típicos. No se muestra el opcional PMG. Cuando ordene partes, se requiere el modelo y número de serie del generador.

LISTA DE PARTES – DOBLE BALERO

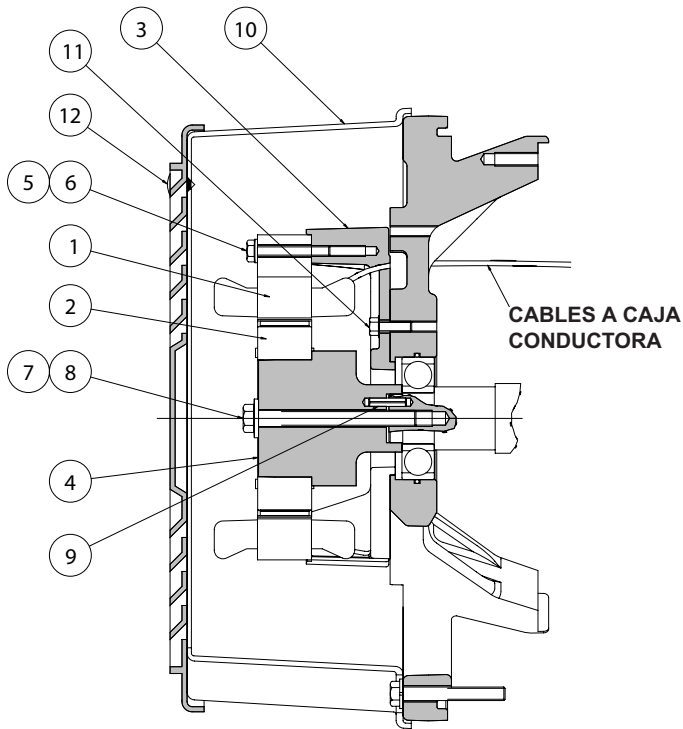
Sección transversal típica del generador



Número de referencia	Nombre de la parte	Número de referencia	Nombre de la parte
1	Soporte final (cubierta ext. inferior armazones 360 & 430)	11	Estator principal
2	Balero (punta no propulsora)	12	Rotor principal
3	O-anillo (sólo armazones 280 y 360)	13	Bocallave integral del rotor
4	Ensamblaje del rectificador	14	Abanico
5	Cubierta de entrada de aire	15	Soporte final (eje trasero)
6	Rotor excitador	16	Balero (eje trasero)
7	Estator excitador	17	Eje
8	Tablero de conexión (bloque terminal)	18	Llave
9	Caja conductora	19	Rejilla de extractor (no muestra tapa escurridora)
10	Armazón del generador	20	Base de montaje

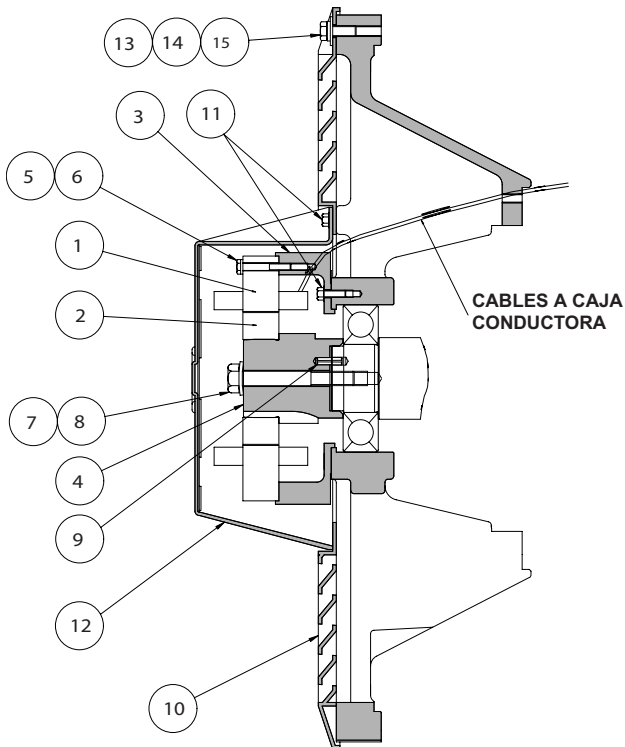
Nota: La ilustración de arriba es un armazón 360 MagnaPLUS®. Hay otros tamaños de armazones típicos. No se muestra el opcional PMG. Cuando ordene partes, se requiere el modelo y número de serie del generador.

LISTA DE PARTES- GENERADORES PMG



Armazón típico 280 y 360 PMG agregado

Artículo	Descripción	Cant.
1	Ensamble del estator PMG	1
2	Ensamble de rotor PMG	1
3	Adaptador del Estator	1
4	Eje, rotor PMG	1
5	Tornillo, hexagonal bloqueo brida 1/4 - 20	4
6	Rondana, Belleville - 1/4	4
7	Tornillo hexagonal, 1/2 - 13 x 4"	1
8	Rondana Belleville - 1/2	4
9	Clavija de rodillo 0.25 x .88	1
10	Cubierta escurridora – agregado PMG	1
11	Tornillo, hexagonal bloqueo brida 1/4-20	4
12	Clavija de presión	4



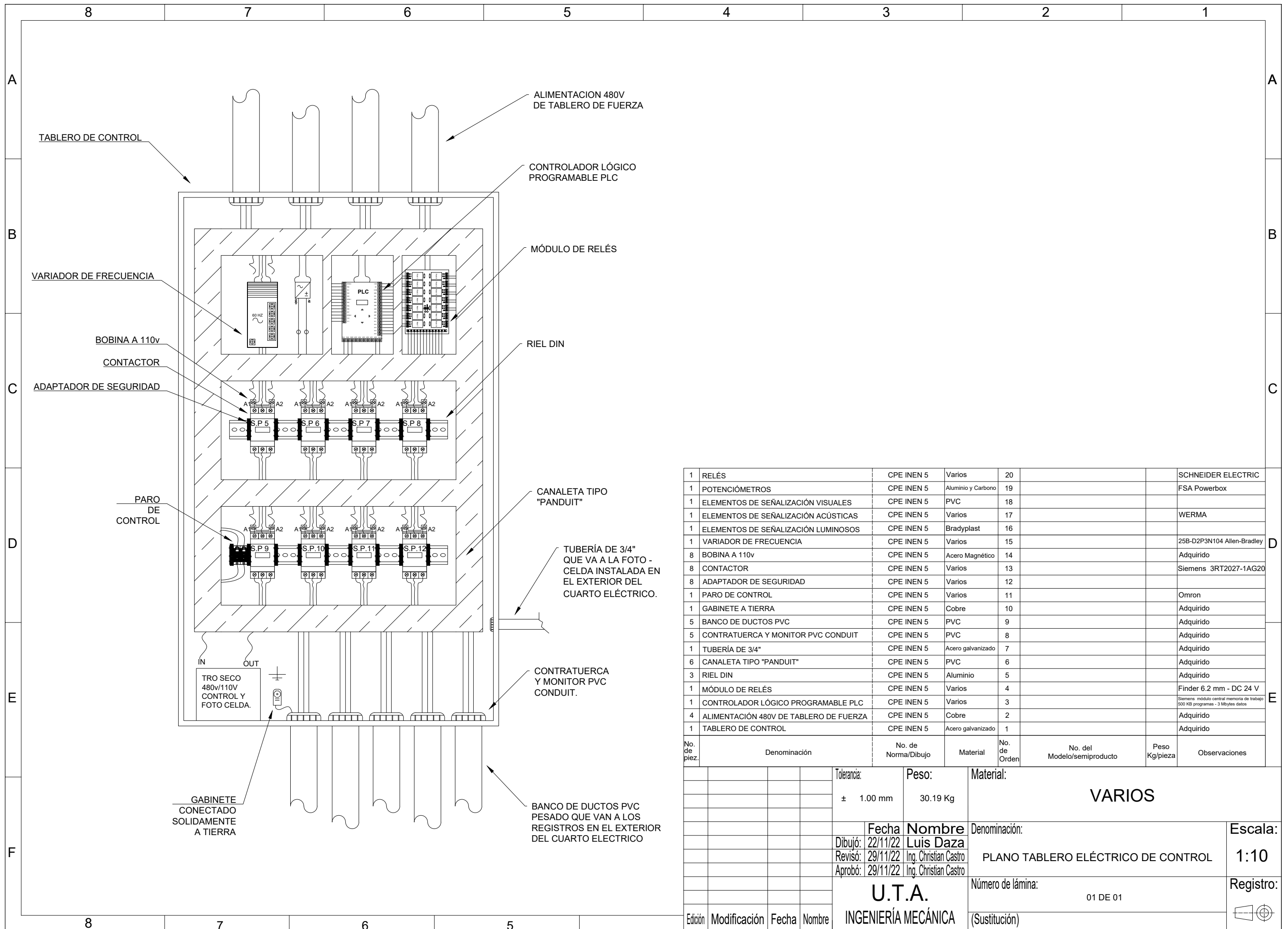
Armazón Típico 430 PMG agregado

Artículo	Descripción	Cant.
1	Ensamblaje del estator PMG	1
2	Ensamblaje del rotor PMG	1
3	Adaptador del estator	1
4	Eje, rotor PMG	1
5	Tornillo, hexagonal bloqueo brida 1/4 - 20	4
6	Rondana, Belleville, 1/4	4
7	Tornillo hexagonal, 1/2 - 13 x 4"	1
8	Rondana, Belleville, 1/2	1
9	Clavija de rodillo 0.25 x .88	1
10	Entrada de aire – agregado PMG	1
11	Tornillo, hexagonal bloqueo brida 1/4 - 20	4
12	Cubierta PMG	1
13	Tornillo hexagonal, 3/8 - 16	6
14	Rondana, plana - 3/8	6
15	Rondana, bloqueo con ranura - 3/8	6

Anexo 3

Motor-Bomba

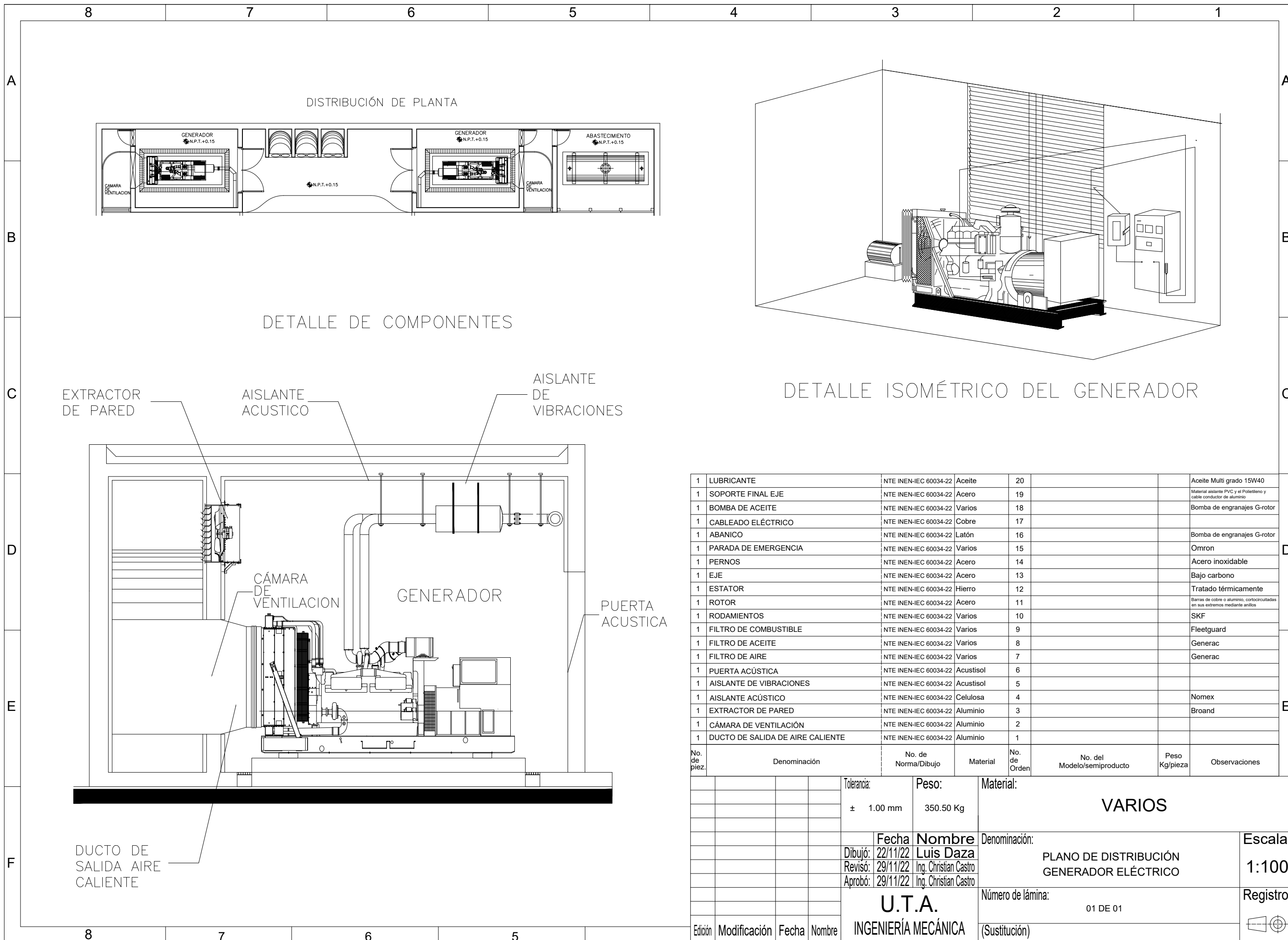
Tablero eléctrico de control



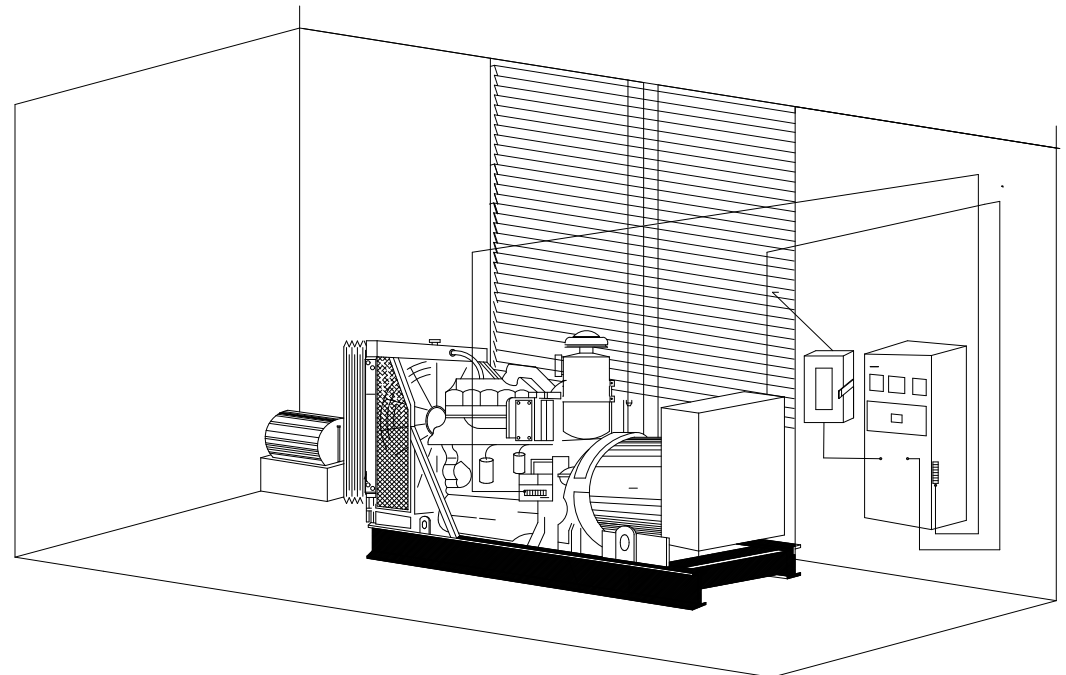
1	RELÉS	CPE INEN 5	Varios	20			SCHNEIDER ELECTRIC
1	POTENCIÓMETROS	CPE INEN 5	Aluminio y Carbono	19			FSA Powerbox
1	ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN VISUALES	CPE INEN 5	PVC	18			
1	ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN ACÚSTICAS	CPE INEN 5	Varios	17			WERMA
1	ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN LUMINOSOS	CPE INEN 5	Bradyplast	16			
1	VARIADOR DE FRECUENCIA	CPE INEN 5	Varios	15			25B-D2P3N104 Allen-Bradley
8	BOBINA A 110v	CPE INEN 5	Acero Magnético	14			Adquirido
8	CONTACTOR	CPE INEN 5	Varios	13			Siemens 3RT2027-1AG20
8	ADAPTADOR DE SEGURIDAD	CPE INEN 5	Varios	12			
1	PARO DE CONTROL	CPE INEN 5	Varios	11			Omron
1	GABINETE A TIERRA	CPE INEN 5	Cobre	10			Adquirido
5	BANCO DE DUCTOS PVC	CPE INEN 5	PVC	9			Adquirido
5	CONTRATUERCA Y MONITOR PVC CONDUIT	CPE INEN 5	PVC	8			Adquirido
1	TUBERÍA DE 3/4"	CPE INEN 5	Acero galvanizado	7			Adquirido
6	CANALETA TIPO "PANDUIT"	CPE INEN 5	PVC	6			Adquirido
3	RIEL DIN	CPE INEN 5	Aluminio	5			Adquirido
1	MÓDULO DE RELÉS	CPE INEN 5	Varios	4			Finder 6.2 mm - DC 24 V
1	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC	CPE INEN 5	Varios	3			Siemens módulo central memoria de trabajo 500 KB programas - 3 Mbytes datos
4	ALIMENTACIÓN 480V DE TABLERO DE FUERZA	CPE INEN 5	Cobre	2			Adquirido
1	TABLERO DE CONTROL	CPE INEN 5	Acero galvanizado	1			Adquirido

No. de pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso Kg/pieza	Observaciones	
			Tolerancia:					
			± 1.00 mm					
			Peso:					
			30.19 Kg					
			Material:					
			VARIOS					
			Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:	
			22/11/22	Luis Daza	PLANO TABLERO ELÉCTRICO DE CONTROL		1:10	
			Revisó:	Ing. Christian Castro				
			Aprobó:	Ing. Christian Castro				
			U.T.A.		Número de lámina:		Registro:	
			INGENIERÍA MECÁNICA		01 DE 01			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre		(Sustitución)			

Generador Eléctrico

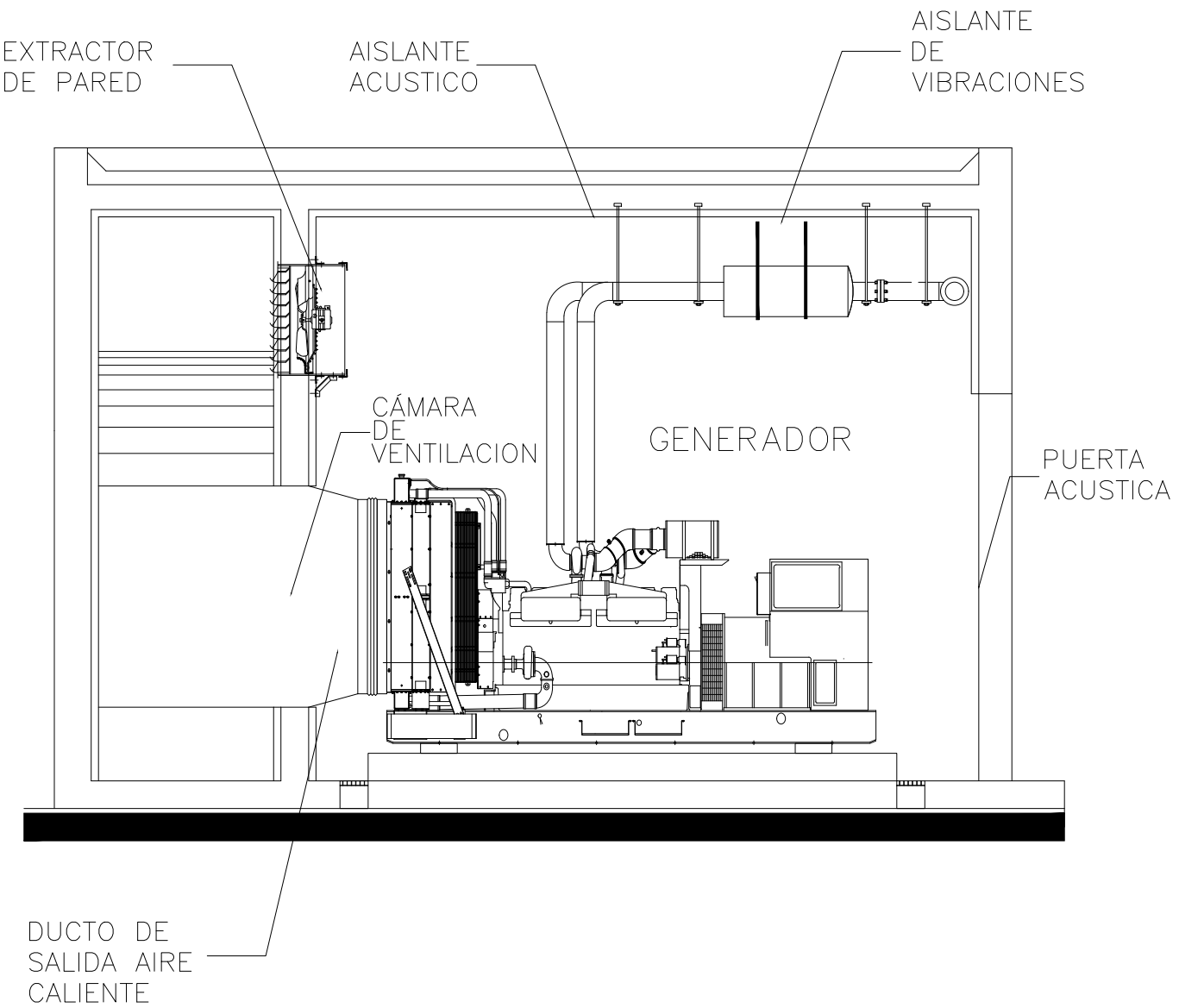


DISTRIBUCIÓN DE PLANTA



DETALLE ISOMÉTRICO DEL GENERADOR

DETALLE DE COMPONENTES



1	LUBRICANTE	NTE INEN-IEC 60034-22	Aceite	20			Aceite Multi grado 15W40
1	SOPORTE FINAL EJE	NTE INEN-IEC 60034-22	Acero	19			Material aislante PVC y el Polietileno y cable conductor de aluminio
1	BOMBA DE ACEITE	NTE INEN-IEC 60034-22	Varios	18			Bomba de engranajes G-rotor
1	CABLEADO ELÉCTRICO	NTE INEN-IEC 60034-22	Cobre	17			
1	ABANICO	NTE INEN-IEC 60034-22	Latón	16			Bomba de engranajes G-rotor
1	PARADA DE EMERGENCIA	NTE INEN-IEC 60034-22	Varios	15			Omron
1	PERNOS	NTE INEN-IEC 60034-22	Acero	14			Acero inoxidable
1	EJE	NTE INEN-IEC 60034-22	Acero	13			Bajo carbono
1	ESTATOR	NTE INEN-IEC 60034-22	Hierro	12			Tratado térmicamente
1	ROTOR	NTE INEN-IEC 60034-22	Acero	11			Barra de cobre o aluminio, cortocircuitadas en sus extremos mediante anillos
1	RODAMIENTOS	NTE INEN-IEC 60034-22	Varios	10			SKF
1	FILTRO DE COMBUSTIBLE	NTE INEN-IEC 60034-22	Varios	9			Fleetguard
1	FILTRO DE ACEITE	NTE INEN-IEC 60034-22	Varios	8			Generac
1	FILTRO DE AIRE	NTE INEN-IEC 60034-22	Varios	7			Generac
1	PUERTA ACÚSTICA	NTE INEN-IEC 60034-22	Acustisol	6			
1	AISLANTE DE VIBRACIONES	NTE INEN-IEC 60034-22	Acustisol	5			
1	AISLANTE ACÚSTICO	NTE INEN-IEC 60034-22	Celulosa	4			Nomex
1	EXTRACTOR DE PARED	NTE INEN-IEC 60034-22	Aluminio	3			Broand
1	CÁMARA DE VENTILACIÓN	NTE INEN-IEC 60034-22	Aluminio	2			
1	DUCTO DE SALIDA DE AIRE CALIENTE	NTE INEN-IEC 60034-22	Aluminio	1			
No. de piez.	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso Kg/pieza	Observaciones
			Tolerancia: ± 1.00 mm	Peso: 350.50 Kg	Material: VARIOS		
			Fecha: 22/11/22	Nombre: Luis Daza	Denominación: PLANO DE DISTRIBUCIÓN GENERADOR ELÉCTRICO		Escala: 1:100
			Revisó: 29/11/22	Ing. Christian Castro			Registro:
			Aprobó: 29/11/22	Ing. Christian Castro	Número de lámina: 01 DE 01		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA			(Sustitución)

Anexo 4

Motor-Bomba

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO																																																			
"ESTACIÓN DE BOMBEO DE PUNYARO"																																																			
BITÁCORAS DE MANTENIMIENTO																																																			
N°	Máquina: Motor-Bomba	Elaborado por: Luis Daza	Fecha de realización: 10/10/2022	Fecha de revisión: 11/11/2022				Revisado por: Ing. Christian Castro																																											
				Actividad realizada				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio			
Componente	Descripción de la falla	Actividad realizada	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Bobinas del estator	Inestabilidad de voltaje, aumento de temperatura lo que provoca un sobrecalentamiento del embobinado	Realizar un desmontaje del motor para determinar las fallas existentes																																																
			Realizar un rebobinado																																																
2	Eje del rotor	Desalineamiento por daños físicos, corrosión o por mala fabricación e instalación defectuosa	Revisar y realizar una limpieza a componentes que influyan en el eje																																																
			Verificar que el eje este alineado																																																
			Lubricar componentes que influyan en el eje																																																
3	Sello del eje	Colocación incorrecta del sello, mantenimiento y operación inadecuada	Revisar el sello mecánico																																																
			Cambiar el sello mecánico																																																
4	Adaptador aislante	Fuga eléctrica	Revisar el adaptador aislante																																																
			Cambiar el adaptador aislante																																																
5	Pernos	Ruptura o aflojamiento por cargas o vibraciones	Revisar ajuste en pernos																																																
			Cambiar pernos																																																
6	Hilos conductores	Se genera sobrecargas de energía lo que acerca el estado físico del hilo conductor	Revisar y limpiar hilos conductores																																																
			Cambiar de hilos conductores																																																
7	Turbina	El motor se sobrecalienta	Verificar y limpiar la turbina																																																
			Cambio de la turbina																																																
8	Poleas	Desgaste de la garganta	Revisar la polea																																																
			Intercambio de la polea																																																

Tablero eléctrico de control

Generador Eléctrico

