



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ARAGÓN**

**PROCESO DE REHABILITACIÓN
PARA LA TURBINA PELTON**

DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

P R E S E N T A :

FERNANDO ISAAC SALGADO SANDOVAL

DIRECTOR: M. EN I. PATROCINIO ARROYO HERNÁNDEZ

Ciudad Nezahualcóyotl, Edo. de México, abril de 2017





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



A G R A D E C I M I E N T O S

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POR BRINDARME UNA EXCELENTE FORMACION ACADEMICA Y POR DARMÉ LAS HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA HACERLE FRENTE A LA VIDA ASI COMO EL HABER CONOCIDO A MUCHAS PERSONAS IMPORTANTES, LOS QUE SON MIS MEJORES AMIGOS Y LOS MEJORES PROFESORES TAMBIEN.

A MIS PADRES

QUE SIEMPRE HAN ESTADO PRESENTES EN TODOS Y CADA UNO DE MIS PASOS POR SU APOYO INCONDICIONAL POR SUS CONSEJOS Y REGAÑOS GRACIAS A ELLOS CULMINO ESTA ETAPA ESTARE ETERNAMENTE AGRADECIDO CON ELLOS LOS AMO.

A MI FAMILIA

YA QUE NUNCA PERDIERON LA FE EN MI Y SIEMPRE ME ALENTARON A CULMINAR CON MI CARRERA PROFESIONAL Y CERRAR ESTE CICLO. A MI HERMANO GUSTAVO POR SER MI SANA COMPETENCIA Y UNO DE MIS IMPULSOS PARA LOGRAR ESTO, A MI PRIMO DAVID SANDOVAL QUE TAMBIEN ME APOYO Y AYUDO CUANDO LO NECESITE A MIS TIOS, TIAS, PRIMOS Y PRIMAS EN GENERAL GRACIAS POR SU APOYO.



AL M. EN I. PATROCINIO AROLLO HERNÁNDEZ

PROFESOR DE LA FES ARAGÓN Y TÉCNICO ACADÉMICO EN EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA A QUIEN LE DEBO MUCHO, ADMIRO Y ESTIMO DE IGUAL MANERA, POR TODO SU APOYO QUE ME BRINDO PARA REALIZAR ESTE TRABAJO, POR SU AMABILIDAD Y GRAN COMPRESION.

AL INGENIERO JOSÉ LUÍS RAMÍREZ CRUZ

DIRECTOR DE LA JEFATURA DE LOS LABORATORIOS L1 Y L2 Y PROFESOR DE LA FES ARAGÓN, POR TODO EL APOYO Y FACILIDADES QUE ME BRINDO PARA LA REALIZACION DE ESTE PROYECTO ASI COMO AYUDA Y CONSEJOS A NIVEL PERSONAL.

A LAS PERSONAS

QUE AUNQUE NO LAS MENCIONE A CADA UNA PERSONALMENTE, PERO QUE EN ALGUN MOMENTO DE MI FORMACION COMO INGENIERO ESTUBIERON PRESENTES Y QUE CON SUS CONSEJOS, APOYO Y REGAÑOS AHORA ESTOY CULMINANDO ESTA ETAPA TALES COMO SON PROFESORES, AMIGOS Y DEMAS PERSONAS QUE AHORA SE ENCUENTRAN PRESENTES Y SON UNA PARTE MUY IMPORTANTE EN MI VIDA A TODOS ELLOS MUCHAS GRACIAS.

GRACIAS TOTALES.



Í N D I C E

Introducción

Objetivo

Alcances

I. SITUACIÓN ACTUAL Y DIAGNÓSTICO

1.1 Antecedentes

1.2 Localización y ubicación

1.3 Descripción del equipo

1.4 Problemática

1.5 Evaluación de las condiciones existentes en el equipo

II. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

III. PROCESOS DE PLANEACIÓN, CONTROL Y EJECUCIÓN DE LA SOLUCIÓN

3.1 Proceso de planeación

3.2 Proceso de control

3.3 Proceso de ejecución

3.4 Pruebas finales

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA



I N T R O D U C C I Ó N

Decidí llevar a cabo este trabajo, ya que en algún momento del desarrollo de mi carrera profesional despertó una inquietud en mí al ver los equipos de exhibición que se encontraban en el laboratorio de hidráulica, acudí al jefe de los laboratorios para saber cuál era el propósito de dichos equipos, a lo cual el ingeniero a cargo me comentó que esos equipos fueron los primeros que existieron en la FES y con los cuales las primeras generaciones realizaron prácticas solo que con el tiempo los equipos ya no tuvieron una eficiencia adecuada y no daban los rangos de práctica, fue solicitado un mantenimiento y se encontró con el problema de no haber refacciones y que algunas de las cuales se debían que traer de Inglaterra se fueron deteriorando mecánicamente así como visualmente por lo cual se adquirieron equipos nuevos y estos quedaron como de exhibición, continuando así su deterioro por el paso del tiempo la falta de uso etc. Y bueno esto fue lo que logro despertar una gran inquietud en mí y me hizo pensar en la posibilidad de poder rehabilitar un equipo de estos.

Motivado por esta idea, me acerque al jefe de los laboratorios encargado de estos equipos el cual me brindó su apoyo para la realización de este proyecto que ahora me sirve como trabajo de titulación. Ya que considero, que esta es una manera para retribuir algo a mi Facultad por los años de enseñanzas y aprendizajes que recibí de la institución y de mis profesores tales que se ven reflejadas y que pretendo plasmar en este trabajo con el cual la finalidad es la de dejar un equipo que este en óptimas condiciones para las siguientes generaciones de ingenieros que me preceden, que tengan la oportunidad de desarrollar prácticas en él y que sepan cómo es su funcionamiento, la forma de operar y la manera de darle un mantenimiento adecuado logrando así la seguridad de que el equipo seguirá funcionando siempre y cuando se lleve lo descrito en este trabajo.

En el presente se explica el proceso de rehabilitación del equipo denominado Turbina Pelton, se describe también la problemática y las condiciones de deterioro en las cuales se encontraba después de 15 años de inactividad, así como la planeación de los procesos mencionados para generar las soluciones a las cuales fue sometido y lograr así su funcionamiento óptimo. Una ventaja adicional del proyecto que me ocupa, se debe a



que gracias al seguimiento que se dan de las actividades desarrolladas, es posible que cualquiera interesado en el tema logre comprender lo que se llevó a cabo y sobre todo como se resolvieron todas y cada una de las dificultades halladas conforme se avanzaba, con la única finalidad de aportar esta experiencia para trabajos similares.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, el **objetivo** que se persigue es:

“Restablecer el funcionamiento óptimo de la Turbina Pelton que permita a los alumnos de las carreras de ingeniería determinar físicamente los parámetros que definen el comportamiento de la misma y de esta manera complementar su formación profesional”.

Para alcanzar el objetivo señalado, esta tesis cubre los siguientes **alcances**:

En el **Capítulo I. “Situación actual y diagnóstico”**, trato de manera general, por una parte algunos antecedentes, así como los aspectos que involucran las condiciones físicas y la problemática en la que se encontraba el equipo y por otra, una exploración operativa que me permitió evaluar en cierto grado los daños.

Una detallada descripción del equipo y de sus componentes así como la función de cada uno de ellos.

En el **Capítulo II. “Alternativas de solución”**, tomo como base el diagnóstico del capítulo anterior, para proponer distintas opciones para la reintegración del equipo a condiciones operativas satisfactorias que permitan un trabajo eficiente de experimentación a los alumnos por lo que para lograrlo lleve a cabo un análisis comparativo entre ellas que me permitió seleccionar la más adecuada.

En el **Capítulo III. “Procesos de planeación, control y ejecución de la solución”**, presento como primer punto, el desglose de todas las actividades con un tiempo probable de ejecución para poder planear y llevar una metodología que garantice alcanzar el objetivo. Como segundo punto desarrollo una serie de medidas a considerar para tener un adecuado seguimiento de los trabajos a llevar a cabo y como tercer punto se detalla de manera clara y amplia los pasos que se seguí de acuerdo con la planeación para llegar al resultado deseado. Los cuales se dejaron como una guía para futuros problemas que pudiese presentar el equipo.



Finalmente, agregó las conclusiones a las que llegó.

Es importante señalar que la **limitante** primordial en este trabajo, es que no contiene prácticas a desarrollar en el equipo que ocupa nuestro interés, ya que queda lejos del alcance enunciado en el objetivo, por lo que es sumamente explícito en la rehabilitación del mismo.



C A P I T U L O I

SITUACIÓN ACTUAL Y DIAGNOSTICO


1.1 Antecedentes

Son lamentablemente muy pocos, debido a que en la Facultad, a nivel administrativo, no se dispone actualmente de mucha información, sin embargo, lo que obtuve después de llevar a cabo una búsqueda bastante intensa en los archivos de altas y bajas de la Oficina de inventarios perteneciente al Departamento de Inventarios y Registro de Operación de la Dirección General de Adquisiciones y Almacenes, ha sido suficiente para situar al equipo motivo de este trabajo en un contexto de tiempo y sobre todo para posteriormente me permitiera un comparativo.

La información obtenida y a la que hago referencia arriba, se muestra en las figuras 1 y 2. Debido a la mala calidad de las imágenes, destaco y reproduzco de ellas lo mostrado en la tabla 1, ya que nos será de utilidad más adelante.



U. N. A. M.
DIRECCION GENERAL DE ADQUISICIONES Y ALMACENES
DEPARTAMENTO DE INVENTARIOS Y REGISTRO DE OPERACIONES OFICINA DE INVENTARIOS
AVISO DE ALTA

| DEPENDENCIA: F.N.E.P. ARAGON | | | FECHA: 30 ABRIL 1980. | | Folio No 1318 | |
|--|---|------------|--|---------------|---|----------------|
| CENTRO DE TRABAJO: | | | DIA MES AÑO | | | |
| DIRECCION GENERAL DE ADQUISICIONES Y ALMACENES OFICINA DE INVENTARIOS | | | CLAVE DE ALTA | | 1 POR COMPRA DIRECTA 4 POR TRASPASO 2 POR INGRESOS PROPIOS 5 POR OTROS 3 POR DONATIVO | |
| | | | CLAVE CONSERVACION, U. USADO N. NUEVO < > M. MAL ESTADO | | | |
| No. DE BIEN | DESCRIPCION | No. UNIDAD | PRECIO UNITARIO | IMPORTE | DEPENDENCIA | CLAVE DEL BIEN |
| 313253 | EQUIPO TUTOR COMPRESOR DE AIRE mca. GILKES, mod.GT102-2, serie: 41935, de compresor de aire, (LABORATORIO DE HIDRAULICA). | 1 | | \$ 303,160.00 | N | 5 |
| 313254 | EQUIPO TUTOR DE BOMBA CENTRIFUGA, con jgo. de conversión de bomba de turbina, modelo: 41887 (LAB. DE HIDRAULICA) | 1 | | \$ 198,172.00 | N | 5 |
| 313255 | APARATO DE MAQUINAS UNIVERSALES mca. GILKES, mod.GH71-2 núm. serie: 41909, de flujo axial (LAB. DE HIDRAULICA) | 1 | | \$ 594,880.00 | N | 5 |
| 313256 | HORNO mca. FELISA, mod.FE-293, serie:046, de temperatura constante hasta 250°C. color gris (LAB. DE TERMODINAMICA) | 1 | | \$ 22,533.00 | N | 5 |
| 313257 | HORNO mca. FELISA, mod.FE-293, serie: 045, de temperatura constante hasta 250°C. color gris (LAB. TERMODINAMICA) | 1 | | \$ 22,533.00 | N | 5 |
| 313258 | UNIDAD DE REFRIGERACION mca. HILTON LTD, mod.RU-101, núm. de serie:7104087 para laboratorio (LAB. TERMODINAMICA) | 1 | | \$ 298,688.00 | | 5 |
| 313259 | UNIDAD DE AIRE ACONDICIONADO mca. HILTON LTD, mod.ACLU-201, serie # 3427, para laboratorio (LAB. TERMODINAMICA) | 1 | | \$ 98,220.00 | N | 5 |
| OBSERVACIONES: | | | TOTAL | | \$ 1,381,186.00 | |
| Se anexan fotocopias de documentos de compra. | | |  | | | |
| | | | FIRMA: _____ | | | |

ESTA COLUMNA DEBERA SER LLENADA POR LA OFICINA DE INVENTARIOS EXCEPTO EN TRASPASO

NOTA : - La Descripción Comprende lo Siguiente: Nombre del Bien, Material, Dimensiones, Serie, Modelo, Tipo, Ubicación, y Características. Además se anotará cuando sea por Préstamo o Arrendamiento.

Figura 1.- Copia de aviso de alta al inventario por parte de la FES Aragón. Nótese en el recuadro rojo las características del equipo turbina Pelton.



GILBERT GILKES & GORDON LTD.
 KENDAL, CUMBRIA, ENGLAND. LA9 7BZ

Tel: KENDAL 20028 (STD 0539) Telex: 65125 Date: 17/10/78

We have today forwarded the undermentioned goods per Road Transport

Consigned to N.2 Canada Dock, Liverpool

Order of W. Wingate & Johnston (Nthn) Ltd., Cunard Building, Liverpool 3

On Account of Universidad Nacional Autonoma De Mexico., Ciudad Universitaria, Mexico 20, D.F.

For shipment per M.V. 'SCHOLAR'

C.A.N. 10696

U.N.A.M. - ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES AMACON
 Direccion General De Provesduria
 Ciudad Universitaria
 Mexico 20, D.F.
 C/O AGENCIA ADUANAL OSFENA DE ULTRAMAR, S.C.
 16 de Septiembre No. 294
 Veracruz, Ver., Mexico.

No. 1

MADE IN THE UNITED KINGDOM.

| NO. | DESCRIPTION | CENTIMETRES | GROSS KILOS | NETT KILOS |
|-----|---|----------------|-------------|------------|
| 1 | <p>"EQUIPO GILKES, According Order 20 026/78"</p> <p>1 - Case Containing:- 1 - Tutor Pelton Turbine (GH.53) with Pump Dynamometer Motor, complete with trolley. 1 - Pressure Gauge 1 - Force Gauge & Plate 1 - Proney Brake 2 - Bottles of Mercury 1 - Spanner. 1 - Allen Key. 1 - Tommy Bar. Touch-up Paint. Polythene Cover. Instructions. 1 - Interchangeable Francis Turbine (GH.54) complete with pipes and adaptors. 1 - Perspex Band and Flume. 1 - Pump Discharge Pipe. 1 - Pipe Clip and Block. 1 - Stroboscope (G.165).</p> <p>OUR REFERENCE:- EE.41323/4. YOUR ORDER NO. 20 026/78 of 3.4.78.</p> | 165 x 76 x 165 | 390 | 210 |

Figura 2.- Copia donde se observa la descripción del embarque por parte del proveedor a la UNAM.



| A. DATOS DEL PROVEEDOR | |
|--|---|
| <i>Empresa</i> | <i>Gilbert Gilkes & Gordon Ltd. Con sede en Kendal Reino Unido</i> |
| <i>Destino</i> | <i>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón Dirección general de proveeduría Ciudad Universitaria</i> |
| B. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO | |
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Turbina Pelton tutor (GH53) con motor, dinamómetro bomba, completo con carro</i> ➤ <i>1 Manómetro (pressure gauge)</i> ➤ <i>1 Medidor de fuerza y placa (forcé gauge & plate)</i> ➤ <i>1 Freno Proney</i> ➤ <i>2 Botellas de mercurio</i> ➤ <i>1 Llave inglesa</i> ➤ <i>1 Llave allen</i> ➤ <i>1 Palanca de mano</i> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>1 Pintura de retoque</i> ➤ <i>Instrucciones</i> ➤ <i>1 Banda de plexiglás y canal</i> ➤ <i>1 Tubo de descarga de la bomba</i> ➤ <i>1 Abrazadera para tubos y el bloque</i> ➤ <i>1 Estroboscopio (G.165)</i> ➤ <i>Medidas: 165 x 76 x 165</i> ➤ <i>Peso: 390 kilos</i> |
| C. DATOS UNAM | |
| <p><i>Fecha de alta: 30/abril/1980</i></p> <p><i>Precio del equipo: \$198,172.00 libras esterlinas</i></p> <p><i>Numero de inventario: 313254</i></p> | |

Tabla 1.- Resumen de características del equipo y datos relevantes para el control del mismo por parte de la UNAM,



1.2 Localización y ubicación

La turbina Pelton se ubica en la Facultad de Estudios Superiores Plantel Aragón de la UNAM, en Avenida Rancho Seco S/N, colonia Impulsora, Nezahualcóyotl, Estado de México, Código Postal 57130. Entre los metros Impulsora y Nezahualcóyotl.

Saliendo del metro Nezahualcóyotl antes Continentes (línea B Garibaldi-Ciudad Azteca) tomas un microbús de la línea 3, línea 18 o ruta 12 que dice "ENEP", el cual te dejará enfrente del Campus sobre la avenida Rancho Seco.

El recorrido desde el metro hasta nuestro Campus es de aproximadamente 8 minutos. Una vez estando dentro de la Facultad el equipo se encuentra localizado en el área de los laboratorios de ingeniería, específicamente, en el Laboratorio de Máquinas Térmicas e Hidráulica denominado L2 que se observa en la figura 3

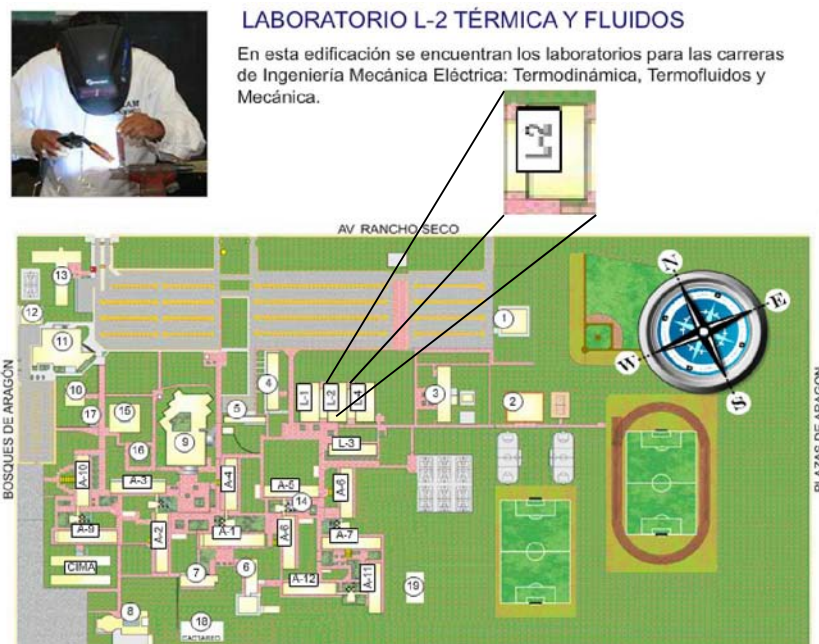
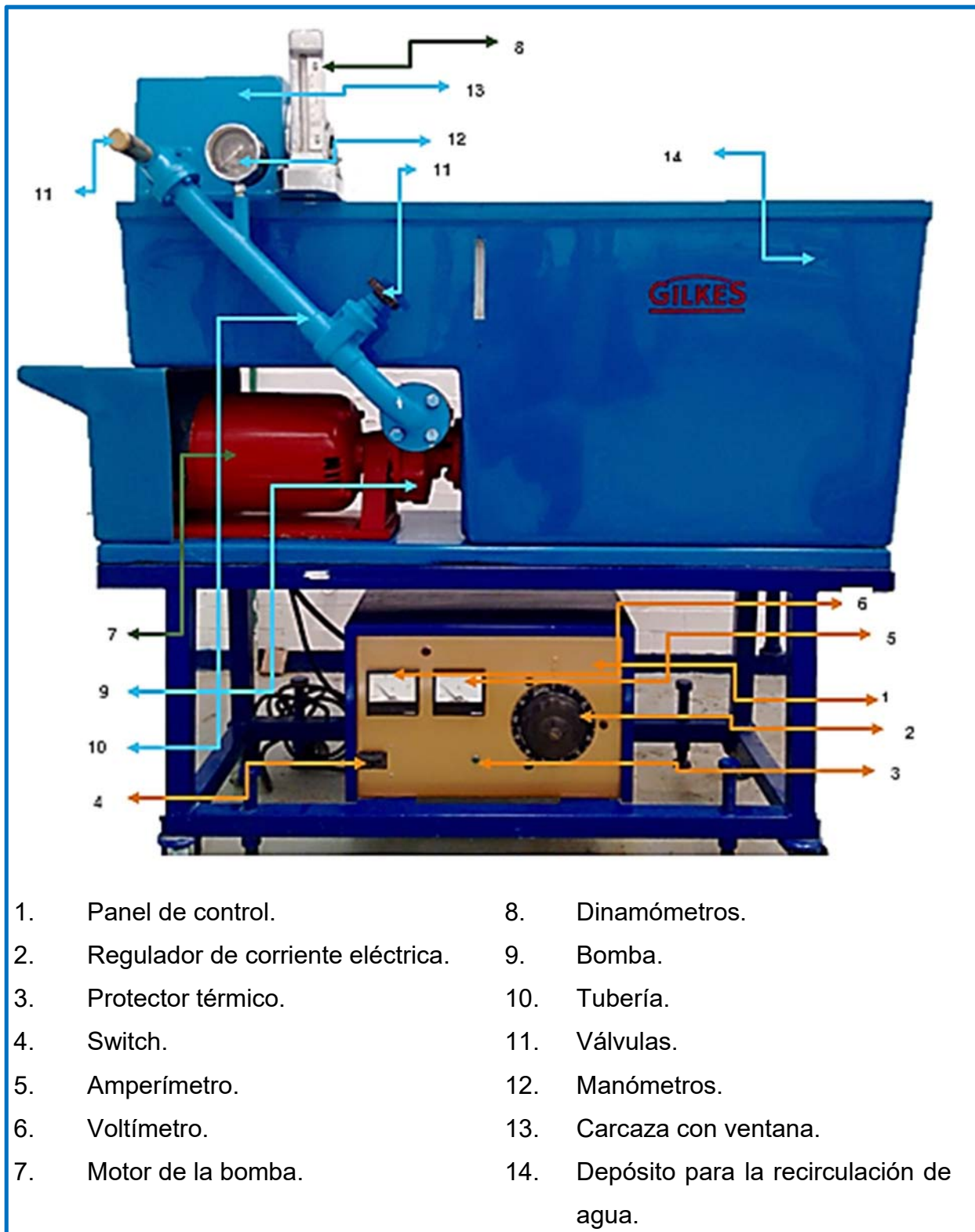


Figura 3.- Se muestra el laboratorio 2 de máquinas térmicas.
Imagen tomada de http://www.aragon.unam.mx/nuestra_facultad/mapa_fes/mapa.html.
Fecha de actualización 15/11/16

1.3 Descripción del equipo

Para lograr tener un mayor control y comprensión de los elementos que integran la turbina Pelton figura 4, la he dividido en tres módulos y cada uno integra los componentes que se enlistan en la tabla 2.



- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1. Panel de control. | 8. Dinamómetros. |
| 2. Regulador de corriente eléctrica. | 9. Bomba. |
| 3. Protector térmico. | 10. Tubería. |
| 4. Switch. | 11. Válvulas. |
| 5. Amperímetro. | 12. Manómetros. |
| 6. Voltímetro. | 13. Carcaza con ventana. |
| 7. Motor de la bomba. | 14. Depósito para la recirculación de agua. |

Figura 4.-Fotografía tomada a la Turbina Pelton. Se resaltan los elementos que integran a la misma.



| A. ELÉCTRICO | | C. HIDRÁULICO | |
|--------------|-----------------------------------|---------------|---|
| 1 y 2 | Switch y Protector térmico. | 9. | Bomba. |
| 3 | Regulador de corriente eléctrica. | 10,11 y 12. | Tubería, Válvulas y Manómetro. |
| 4 y 5 | Amperímetro y Voltímetro. | 13 y 14 | Carcasa con ventana y Rodete. |
| B. MECÁNICO | | 15. | Depósito para la recirculación y/o almacenamiento del agua. |
| 6. | Motor de la bomba. | | |
| 7. | Dinamómetros. | | |
| 8. | Freno Prony. | | |

Tabla 2.- Componentes de la Turbina Pelton.

Cabe mencionar que todo el sistema esta soportado sobre una estructura de metal, que en su zona inferior tiene acopladas cuatro ruedas que facilitan su desplazamiento y transporte.

Enseguida se explica de la manera detallada, cada uno de los elementos enlistados en la tabla (Tabla 2).

A. MODULO ELECTRICO

A.1 SWITCH

Activa o desactiva el sistema, es de tipo pastilla fabricado en baquelita. Adicional, como segunda instancia, funciona como protector de emergencia.



Figura 5.- Vista frontal del switch.



A.2 PROTECTOR TÉRMICO



Figura 6.- Protector térmico de cuerpo completo.

Este dispositivo desempeña la función de proteger tanto el motor eléctrico como las bobinas, de temperaturas excesivas en el embobinado; actúa por temperatura y corriente eléctrica, además de contar con un rearme manual.

Si ocurre una condición de sobre calentamiento o sobre corriente, la temperatura en él se incrementará por sobre su punto de ajuste determinado, abriéndose automáticamente e interrumpiendo el circuito, lo cual resguardará al motor. Su capacidad es de 5 amperios.

A.3 REGULADOR DE CORRIENTE ELÉCTRICA

Como su nombre lo indica, aumenta o reduce el voltaje que se le proporciona al sistema, modificando las condiciones de experimentación. La perilla se encuentra ubicada en el panel de control, y tiene un diámetro de 20cm, la cual cuenta con una escala de 0 a 120 volts.



Figura 7.- Regulador de baquelita.

A.4 AMPERIMETRO



Figura 8.- Amperímetro de la marca ERSKINE.

Se encuentra dentro del panel de control, su utilidad es determinar el valor de la magnitud de intensidad de la corriente eléctrica, que ingresa al sistema.

El rango de operación es de 0 a 15 Amp.



A.5 VOLTÍMETRO

Se ubica dentro del panel de control, su utilidad es determinar la diferencia de potencial en el circuito eléctrico que ingresa en el sistema. Su rango de operación es de 0 a 300 volts.



Figura 9.- Voltímetro de la marca ERSKINE.

B.6 MOTOR DE LA BOMBA

Es un elemento muy importante, encargado de dar la potencia a todo el sistema. Esto lo consigue mediante la transformación de energía eléctrica a energía mecánica, para después cederla al impulsor de la bomba, por último al líquido.

Sus especificaciones son: Volts de 220 a 190F, 3.000 RPM.



Figura 10.- Motor de CD y 3.0 hp

B. MODULO MECÁNICO

B.7 DINAMÓMETROS



Figura 11.- Dinamómetros con escalas en Newton y en pounds.

La turbina cuenta con dos dinamómetros, los cuales tienen como objetivo cuantificar la magnitud de las fuerzas que se generan, por un lado, debido al movimiento giratorio de la bomba, y por otro a las generadas por la acción del freno Proney.



B.8 FRENO PRONEY



Figura 12.- Freno Proney colocado en el rodete su nombre se debe a su inventor Gasparé de Proney.

Esencialmente está constituido por una estructura circular de aluminio dividida en dos partes, las cuales por medio de sus extremos se conectan de un lado a una articulación y del otro a un sistema de perilla-vástago-resorte. Los elementos circulares tienen integrado, cada uno, una balata de asbesto de (7x3cm). Cabe señalar que uno de los elementos circulares posee un brazo que sirve de extensión para apoyarse en el dinamómetro.

En el sistema es utilizado para detener, según se desee, el giro que el chorro de agua proporciona al rodete. Esto se logra mediante la acción de la perilla-vástago-resorte que actúa sobre las balatas friccionando el acoplamiento especial (que es una prolongación del eje del rodete), lo que ocasiona que la extensión del brazo transmita la fuerza que medirá el dinamómetro.

C. MODULO HIDRÁULICO

C.9 BOMBA



Figura 13.- Bomba centrífuga impulsor cerrado.

Este elemento simula la caída del agua con la que inician las transformaciones de energía, físicamente sustituye la altura de caída y por tanto da movimiento al flujo de agua.



C.10 TUBERÍA



Figura 14.- Tubería de cobre.

La función principal que tiene la tubería en el equipo es guiar y conducir al líquido hacia el rodete.

El material con el que está elaborado es cobre, Los accesorios con los que cuenta en su desarrollo son: un codo cercano a la bomba, un cople, un manómetro en la zona media y en la zona superior una válvula de aguja.

C.11 VÁLVULAS



Figura 15.- Válvula de compuerta de dos pulgadas.

El equipo cuenta con dos tipos de válvulas, las cuales son el mecanismo para iniciar, detener o regular la circulación del agua. La primera es de tipo compuerta (figura 15), ubicada en la parte central de la tubería cuya función es de iniciar o detener la circulación del agua en todo el sistema; la segunda es de tipo aguja (figura 16), se encuentra localizada en la descarga de la tubería, su función es regular tanto el diámetro del chorro como la velocidad, lo cual, a su vez, permite regular el gasto que impactara al elemento

intercambiador. Ambas están integradas a la tubería mediante soldadura.



Figura 16.- Válvula de aguja de la turbina Pelton.



Figura 17.- Manómetro con escala de 0 a 300 KN/m^2

C.12 MANÓMETRO

El manómetro define con su lectura trasformada a columnas de agua, cual es el valor de la caída que tiene el flujo con el que se está experimentando.

Se localiza en la parte media de la tubería que va de la bomba a la válvula de aguja.



C.13 CARCAZA CON VENTANA

Está fabricada de fibra de vidrio y tiene tres funciones: la primera es proteger la rueda Pelton, la segunda es facilitar la recuperación del agua hacia el depósito de recirculación y la última es evitar salpicaduras, además de evitar lesiones, a cualquier persona que pueda utilizarla, esto con el giro del rodete cuando la turbina está trabajando.

La ventana incrustada en la carcasa es de vidrio, esto para permitir que se pueda observar la interacción entre el chorro y la rueda Pelton.

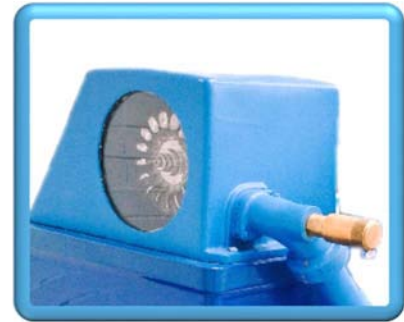


Figura 18.- Carcaza modificada para visualización de flujo.

C.14 RODETE



Figura 19.- Rueda Pelton constituida por 16 alabes en forma de doble cuchara.

También llamada rueda Pelton, recibe su nombre debido a su inventor Lester Allan Pelton, ésta es el elemento fundamental del sistema en la transformación de la energía. Está constituido por un disco central de acero con un diámetro de 12cm., cuenta con una perforación central de 1.5cm., la cual sirve para conectarse al eje del freno Proney.

Además de ello, tiene integrados 16 alabes periféricos en forma de doble cuchara, que se hallan fundidos al mismo, formando una sola pieza.

C.15 DEPÓSITO PARA LA RECIRCULACIÓN Y/O ALMACENAMIENTO DEL AGUA.

Llamada también tina, asume la función de CONTENER el agua que será utilizada por la turbina durante su funcionamiento cuenta con dos niveles: el inferior, conectado a la succión de la bomba y el superior, que recibe al flujo que ha pasado por el rodete, enseguida mediante un



Figura 20.- El depósito es de fibra de vidrio y su mayor volumen se concentra en el tanque derecho.



orificio se vierte nuevamente al inferior para ser recirculada. En la zona posterior de la misma se halla un desagüe con tapón de hule que facilita, una vez terminada la práctica, el drenado del agua para mantener seco el equipo.

El sistema esta soportado por una estructura metálica con ruedas en la base, que facilitan la autonomía de desplazamiento del mismo.

1.4 Problemática

Como ya se había mencionado en la introducción, el estado de la Turbina Pelton de acuerdo con el semáforo de calidad, era de color azul, que indica una condición de **equipo en exhibición** como consecuencia de un uso constante y de la falla de un componente del sistema eléctrico. En su momento el fabricante indicó que ya no se producía y por lo tanto se hallaba imposibilitado para surtirlo, sin embargo, se da la opción de trabajar con un equipo nuevo de características muy similares¹. Lo antes señalado, suscito el paro indefinido del equipo para la experimentación, dejando de cumplir el objetivo para el que se trajo y que al combinarse con intentos malogrados de reparación, lograron acentuar su deterioro.

1.5 Evaluación de las condiciones existentes en el equipo

Tomando como referencia la descripción hecha del equipo en la tabla 2, hago una descripción de las pruebas que se llevaron a cabo para determinar el estado físico del equipo y evaluar algunas alternativas para su rehabilitación.

En la tabla 3 se agrega un procedimiento con el cual el alumno o la persona interesada, podrá seguir para trabajar el funcionamiento adecuado del equipo y de igual manera éste

¹ Información proporcionada por el encargado del Laboratorio de Hidráulica, M. en I. Patrocinio Arroyo Hernández.



se utilizará para resumir el procedimiento de evaluación de las condiciones; mismo que se describe en el formato denominado **FEM_**. (Formato de evaluación del módulo; el guion bajo se refiere al módulo a tratar: eléctrico, mecánico e hidráulico).

| | |
|----------|--|
| A | <i>Cargar el contenedor de agua hasta el primer nivel de la tina.</i> |
| B | <i>Operar la válvula de descarga de la tubería hasta lograr una apertura total.</i> |
| C | <i>En el panel de control cerciórese de que la perilla de arranque se encuentre en cero y el protector termino accionado.</i> |
| D | <i>Energizar la bomba, conectando su cable al toma corriente.</i> |
| E | <i>Encender el equipo.</i> |
| F | <i>Manipule el control de intensidad de la corriente girando la perilla hacia la derecha a un valor aleatorio de magnitud pequeña que permita el funcionamiento de la bomba.</i> |
| G | <i>Opera la válvula de aguja para un gasto deseado</i> |

Tabla 3.- Procedimiento para el uso del equipo.



PROYECTO: REHABILITACION DE LA TURBINA PELTON

ETAPA: Evaluación Física

PRUEBA: 1

FEM_E01

Modulo: A. Eléctrico

Componente: Switch y protector térmico

PROCEDIMIENTO

- C. En el panel de control (véase figura 4) cerciórese de que la perilla de arranque se encuentre en cero y el protector termino accionado.
- D. Energizar el equipo, conectando su cable al toma corriente.
- E. Encender el equipo.

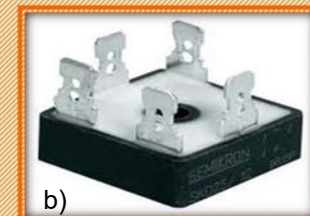
RESULTADOS

El switch funciona correctamente ya que cumplió con su función de encender y apagar el equipo pero al momento de accionarlo ocasiono un corto circuito lo cual me dejo observar que el protector térmico funcionaba satisfactoriamente ya que se acciono e interrumpió el suministro de corriente al equipo.

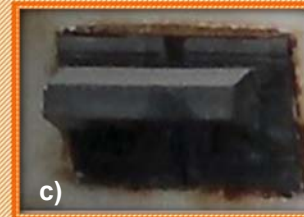
Y en una segunda prueba se detectó que el puente de diodos, los diodos de potencia así como el fusible ya no funcionaban.



a)



b)



c)



d)

- a) Protector térmico.
- b) Puente de diodos.
- c) Switch.
- d) Fusible.
- e) Diodo de potencia.



e)

RECOMENDACIÓN:

Verificar la continuidad de los cables para eliminar posibles conexiones indeseadas a tierra.





PROYECTO: REHABILITACION DE LA TURBINA PELTON

FEM_E02

ETAPA: Evaluación Física

PRUEBA: 1

Modulo: A. Eléctrico

Componente: Regulador de corriente eléctrica.

PROCEDIMIENTO

- A. En el panel de control cerciórese de que la perilla de arranque se encuentre en cero y el protector termino accionado.
- B. Energizar la bomba, conectando su cable al toma corriente.
- C. Encender el equipo.
- D. Manipule el control de intensidad de la corriente girando la perilla hacia la derecha a un valor aleatorio de magnitud pequeña que permita el funcionamiento del equipo.

RESULTADOS

Funcionamiento correcto y condiciones físicas regulares.



- b) Vista desde arriba.
- a) Vista frontal.
- d) Vista lateral.
- c) Vista trasera.

Diferentes perspectivas del componente



RECOMENDACIÓN:

Mantener el buen estado de los elementos.





PROYECTO: REHABILITACION DE LA TURBINA PELTON

ETAPA: Evaluación Física

PRUEBA: 1

FEM_E03

Modulo: A. Eléctrico

Componente: Amperímetro y Voltímetro.

PROCEDIMIENTO

- En el panel de control cerciórese de que la perilla de arranque se encuentre en cero y el protector termino accionado.
- Energizar la bomba, conectando su cable al toma corriente.
- Encender el equipo.
- Manipule el control de intensidad de la corriente girando la perilla hacia la derecha a un valor aleatorio de magnitud pequeña que permita el funcionamiento del equipo.

RESULTADOS

Una vez que se permitió el paso de la corriente, de inmediato estos dos accesorios de medición dieron lecturas congruentes con la aplicación de mayor o menos potencia.

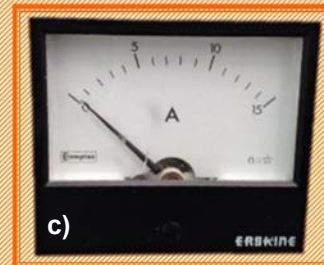
- Vista frontal del Voltímetro.
- Vista trasera de los dos componentes.
- Vista frontal del Amperímetro



a)



b)



c)

RECOMENDACIÓN:

Verificar la calibración de los mismos.





PROYECTO: REHABILITACION DE LA TURBINA PELTON

FEM_M04

ETAPA: Evaluación Física

PRUEBA: 1

Modulo: B. Mecánico

Componente: Motor de la bomba.

PROCEDIMIENTO

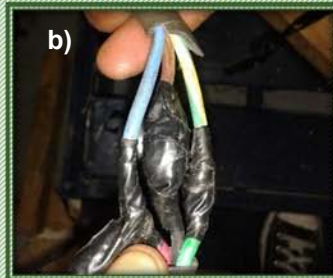
Realizar los pasos antes descritos del incisos C al F emitiendo los A y B que no son necesarios para realizar esta prueba.

RESULTADOS

En este componente al momento de encender el equipo ocasiono un corto circuito por lo cual acciono el protector térmico interfiriendo así la alimentación de corriente.

También se observó humo en la parte posterior del motor donde se localiza el cable que va al toma corriente.

En una segunda prueba se detectó ruido excesivo en los valeros



- a) Vista lateral del motor.
- b) Se presume sean la causa del corto circuito
- c) Vista trasera del motor.



RECOMENDACIÓN:

Verificar la continuidad de los cables para eliminar posibles conexiones indeseadas a tierra y verificar el estado de los valeros.





PROYECTO: REHABILITACION DE LA TURBINA PELTON

ETAPA: Evaluación Física

PRUEBA: 1

FEM_M05

Modulo: B. Mecánico

Componente: Dinamómetros.

PROCEDIMIENTO

- Cargar el contenedor de agua hasta el primer nivel de la tina.
- Operar la válvula de descarga de la tubería hasta lograr una apertura total.
- En el panel de control cerciórese de que la perilla de arranque se encuentre en cero y el protector termino accionado.
- Energizar la bomba, conectando su cable al toma corriente.
- Encender el equipo.
- Manipule el control de intensidad de la corriente girando la perilla hacia la derecha a un valor aleatorio de magnitud pequeña que permita el funcionamiento de la bomba.

RESULTADOS

Estos dos componentes se hallaron funcionando pero en malas condiciones físicas uno con un color distinto al otro y con los tubos del mercurio demasiado sucios lo cual impide la visibilidad en un 40% así como los contenedores del mercurio presentaron oxido en la mayor parte de ellos.

RECOMENDACIÓN:

Ejecutar una calibración de los dos manómetros para su óptimo funcionamiento
Recuperar la visibilidad de los tubos de cristal.



- a) Vista frontal.
b) Dinamometro del freno Proney.
c) Dinamometro del motor.





PROYECTO: REHABILITACION DE LA TURBINA PELTON

FEM_M06

ETAPA: Evaluación Física

PRUEBA: 1

Modulo: B. Mecánico

Componente: Freno Proney.

PROCEDIMIENTO

- A. Cargar el contenedor de agua hasta el primer nivel de la tina.
- B. Operar la válvula de descarga de la tubería hasta lograr una apertura total.
- C. En el panel de control cerciórese de que la perilla de arranque se encuentre en cero y el protector termino accionado.
- D. Energizar la bomba, conectando su cable al toma corriente.
- E. Encender el equipo.
- F. Manipule el control de intensidad de la corriente girando la perilla hacia la derecha a un valor aleatorio de magnitud pequeña que permita el funcionamiento de la bomba.

RESULTADOS

Se observó que el componente cumplía su función más sin embargo sus condiciones no eran las mejores ya que por el uso del mismo las balatas con las que cuenta se encontraban ya gastadas y el resorte ya no tenía su longitud original por el uso por lo cual esta parte del equipo trabajaba a un 50% de su capacidad inicial.



a)Componentes del freno Proney.



b)Rodete del freno Proney.

RECOMENDACIÓN:

Recobrar el brillo original de las piezas.

Atender el desgaste de la balata.

Identificar las características del resorte para que cumpla con los requerimientos del equipo.





PROYECTO: REHABILITACION DE LA TURBINA PELTON

ETAPA: Evaluación Física

PRUEBA: 1

FEM_H07

Modulo: C. Hidráulico.

Componente: Bomba.

PROCEDIMIENTO

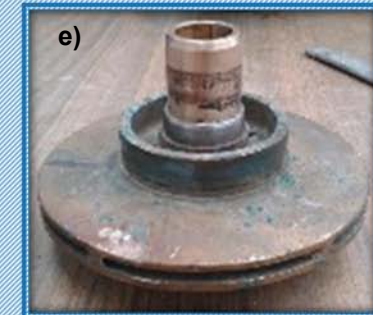
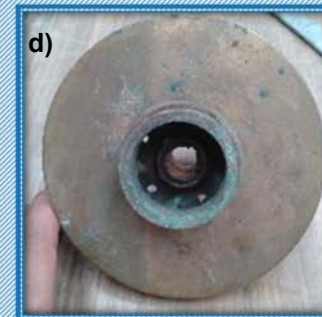
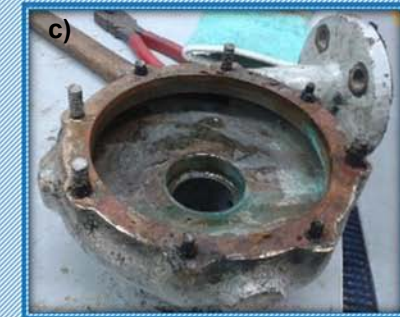
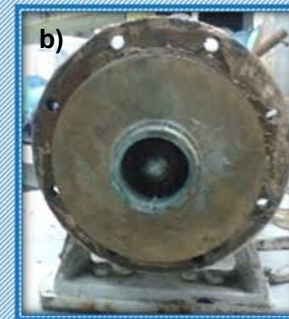
Realizar los pasos del inciso A al F ya antes mencionados para la evaluación de estos componentes.

RESULTADOS

Se detectó que el agua no era impulsada hacia la tubería, debido a que seguía una trayectoria hacia el interior de la misma por la cual salía. En general esta pieza no cumplió su función.



- a) Vista lateral de la bomba.
- b) Vista frontal de la bomba.
- a) Tapa de la bomba.
- d) Impulsor de la bomba.
- e) Vista trasera del impulsor.



RECOMENDACIÓN:

Verificar porque el agua no es impulsada, así como, para indagar el motivo por el cual el agua siguió su trayecto hacia el motor de la bomba.





PROYECTO: REHABILITACION DE LA TURBINA PELTON

FEM_H07

ETAPA: Evaluación Física

PRUEBA: 2

Modulo: C. Hidráulico.

Componente: Bomba.

PROCEDIMIENTO

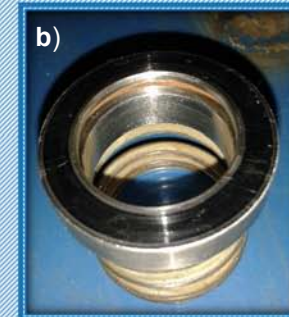
Realizar los pasos del inciso A al F ya antes mencionados para la evaluación de estos componentes.

RESULTADOS

Siendo removido el impulsor de la bomba se detectó que el sello mecánico no cumplía con su función de no dejar pasar el flujo a la parte eléctrica del motor ya que el empaque y el resorte que comprenden este componente estaban en mal estado por la falta de uso y de mantenimiento del mismo.



- a) Parte frontal del sello mecánico.
- b) Parte interna del sello
- c) parte superior del sello
- d) otra vista del sello



RECOMENDACIÓN:

Verificar porque el agua no es impulsada, así como, para indagar el motivo por el cual el agua siguió su trayecto hacia el motor de la bomba.





PROYECTO: REHABILITACION DE LA TURBINA PELTON

ETAPA: Evaluación Física

PRUEBA: 1

FEM_H08

Modulo: C. Hidráulico.

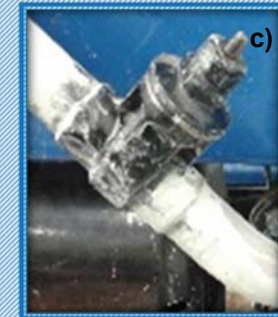
Componente: Tubería, Válvulas y Manómetro.

PROCEDIMIENTO

Realizar los pasos del inciso A al F ya antes mencionados para la evaluación de estos componentes.

RESULTADOS

En las tuberías se revisó que no hubiera fugas ni golpes los cuales comprometieran el funcionamiento del equipo, la válvula se verificó que el cierre y la apertura de la misma fuera adecuada sin necesitar un mayor esfuerzo para realizar esta acción. En el manómetro se observó que la lectura que arrojó era correcta de acuerdo a los parámetros de variación de potencia que se le aplicó al motor por lo cual se llegó a la conclusión de que estos componentes cumplían con su función



- a) Válvula de aguja.
- b) Manómetro de la tubería.
- c) Válvula de bola.
- d) Tubería del equipo.

RECOMENDACIÓN:

En el caso del manómetro, llevar a cabo una calibración para que de esta manera, se garantice que las lecturas son correctas para la tubería, esta debe pintarse según indique el color del código de la norma vigente.





PROYECTO: REHABILITACION DE LA TURBINA PELTON

ETAPA: Evaluación Física

PRUEBA: 1

FEM_H09

Modulo: C. Hidráulico.

Componente: Carcaza con ventana y Rodete.

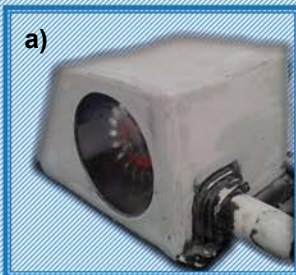
PROCEDIMIENTO

Realizar los pasos del inciso A al F ya antes mencionados para la evaluación de estos componentes.

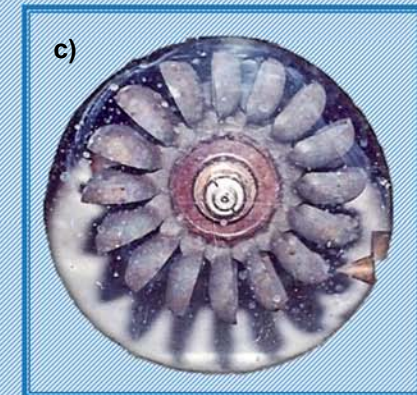
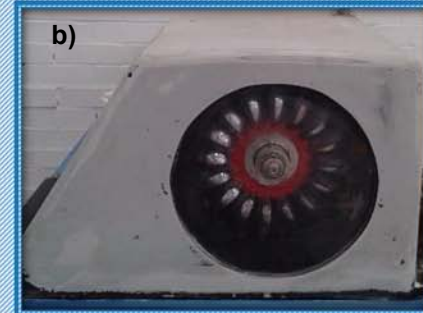
RESULTADOS

La carcasa se encontró desportillada en su exterior sobre todo en las esquinas, pero fue la ventana de acrílico que al estar marcada, la que presentó un mayor daño, debido a que tal situación limita y distorsiona la visión de los alumnos.

Por lo que respecta al rodete, sus condiciones son óptimas para su funcionamiento ya que esta pieza con anterioridad se mandó cromar, únicamente su aspecto era de suciedad acumulada por el tiempo en des uso.



- a) Vista lateral de la carcasa.
- b) Estado de la rueda Pelton.
- c) Vista frontal de la carcasa.



RECOMENDACIÓN:

Regresar el aspecto de cromo nuevo al rodete.

Resanar la carcasa en zonas estropeadas.

Recuperar la visibilidad original o la mayor parte de ésta, en la ventana de acrílico.





PROYECTO: REHABILITACION DE LA TURBINA PELTON

ETAPA: Evaluación Física

PRUEBA: 1

FEM_H10

Modulo: C. Hidráulico.

Componente: Depósito para la recirculación y/o almacenamiento del agua

PROCEDIMIENTO

Realizar los pasos del inciso A al F ya antes mencionados para la evaluación de estos componentes.

RESULTADOS

El depósito se encontró en buenas condiciones por la parte de afuera, con polvo y bastante suciedad de ave, al igual que su interior. Pero esta última zona, anteriormente se intentó restaurar, por lo que se encontraron vestigios de lijado solo en algunas partes, además se halló sin el tapón que evita que el agua salga del depósito. En general este componente cumple con su función.



- a) Vista frontal del depósito.
- b) Vista superior del depósito.

RECOMENDACIÓN:

Concluir la restauración de la tina.





C A P Í T U L O I I

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Con fundamento en las pruebas realizadas a cada uno de los componentes del sistema en estudio y las cuales se han descrito en el capítulo anterior, fue posible evaluar la magnitud de los daños, así como detectar las fallas en los dispositivos que integran a los mismos. Con la finalidad de encontrar una serie de propuestas que tomen en cuenta, por un lado, la situación económica del laboratorio, y, por otro, la integración de los elementos dañados a cada uno de los sistemas que puedan salvar los desajustes mencionados; lo cuales serán sujetos a criterios económicos de calidad, de durabilidad, de facilidad, de adquisición e instalación, de estética, de espacio, entre otros.

Para tal efecto propongo la **tabla 4 ASM_** (Alternativas de Solución para los distintos Módulos; el guion bajo indica el módulo que se está describiendo), su llenado facilita integrar los componentes eléctricos, mecánicos e hidráulicos dado que sus ventajas y desventajas son similares. De manera específica se ubican los componentes a evaluar, se destacan las diversas opciones a considerar, así como las ventajas y desventajas de cada uno, por ejemplo: costos, tiempo de reparación, desempeño de los componentes etc.



Por tal motivo uno de los propósitos de este capítulo es que los usuarios en determinado momento conozcan que piezas fueron restauradas, cambiadas o rehabilitadas para el buen funcionamiento del equipo, lo que también sirve como una guía que muestra una gama de opciones y soluciones con las que en un futuro, si la turbina muestra indicios de falla o la falla de alguno de los componentes ya descritos, se facilite la toma de decisiones entre las opciones que se manejan y que en su momento representen la mejor para la rehabilitación de acuerdo a sus necesidades y posibilidades existentes.

**FORMATO: ASM_E**

| Componente | Opción | Ventajas | Desventajas |
|---|---|--|--|
| SWITCH Y PROTECTOR TERMICO | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Reemplazarlos por nuevos. ➤ Maquinarlos desde cero. ➤ Mantenimiento correctivo. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Actualización de piezas. ➤ No se modifica la estructura del panel. ➤ Bajo costo, control y rapidez en la ejecución y no se requiere personal especializado. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Costo elevado y alteración del panel de control. ➤ Costo medianamente elevado y tiempo de elaboración superior al deseado. ➤ Ninguna. |
| REGULADOR DE CORRIENTE ELECTRICA | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Conservarlo mediante un servicio integral. ➤ Renovarlo por uno nuevo. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bajo costo, disponibilidad inmediata y el equipo se mantiene original. ➤ Ninguna. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ninguna. ➤ Gasto innecesario y elevado, ya que el proveedor no la produce y la considera como una pieza especial. |
| AMPERÍMETRO Y VOLTÍMETRO. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Adquirirlos nuevos. ➤ Sustituir por los de stock. ➤ Corregir sus deficiencias. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Constancia en funcionamiento, lecturas exactas, de costo accesible e Inversión pequeña en tiempo de compra. ➤ Reposición inmediata sin desembolso económico y colocación de piezas originales. ➤ Bajo costo, no requiere personal especializado. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Son piezas de importación y las nacionales son de producción similar con vida útil reducida. ➤ Resurtir piezas de stock. ➤ Son instrumentos muy frágiles, pierden precisión. |

Tabla 4.- Se identifican diferentes soluciones para la rehabilitación del módulo eléctrico.



FORMATO: ASM_M

| componente | Opclón | Ventajas | Desventajas |
|--------------------------|---|--|--|
| MOTOR DE LA BOMBA | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Reemplazarlo por nuevos. ➤ Mantenimiento correctivo. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Reducción de pérdidas de potencia, silenciosa y con funcionamiento constante. ➤ Se conserva el equipo original. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Costo excesivo y modificación de la instalación. ➤ Se requiere equipo y personal especializado, no hay control en el tiempo de reparación, así como un a perdida evidente en la eficiencia. |
| DINAMOMETROS | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Renovarlo por uno nuevo. ➤ Mantenimiento correctivo. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Mediciones precisas, desempeño óptimo. ➤ Buen funcionamiento, bajo costo y mínima inversion de tiempo. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Son piezas de importación y las nacionales son de producción similar con vida útil reducida y modifican la instalacion. ➤ Fallas en el funcionamiento por calibración inadecuada. |
| FRENO PRONEY | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Adquirirlo nuevo. ➤ Corregir sus deficiencias. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Correcto funcionamiento. ➤ Bajo costo, no requiere personal especializado y se conserva la pieza original. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Costo elevado ya que el proveedor lo considera una pieza especial, es de importación e inexistencias en el mercado. ➤ La calidad del material es menor a la original. |

Tabla 5.- Alternativas de solución a considerar para el módulo mecánico.



FORMATO: ASM_H

| Componente | Opción | Ventaja | Desventaja |
|--|--|--|---|
| BOMBA | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Reemplazarla por nueva. ➤ Mantenimiento correctivo. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Mayor eficiencia, funcionamiento constante y vida útil óptima. ➤ Se conserva el equipo original. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Costo elevado. ➤ Se requiere equipo y personal especializado, no hay control en el tiempo de reparación, así como una pérdida evidente en la eficiencia. |
| TUBERÍA, VÁLVULAS Y MANÓMETRO. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Conservarlos mediante un servicio integral. ➤ Reemplazarlos por nuevos. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bajo costo y se mantiene el equipo original ➤ Correcto funcionamiento | <ul style="list-style-type: none"> ➤ El manómetro es una pieza frágil y pierde precisión en cuanto a la válvula puede ser dañado su mecanismo. ➤ Gasto innecesario y elevado ya que la tubería es de cobre. Y tiempo de adquisición elevada ya que es una pieza especial. |
| CARCAZA CON VENTANA Y RODETE. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Renovarlos por nuevos. ➤ Mantenimiento correctivo. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ninguna. ➤ Bajo costo no requiere personal especializado y se conserva el equipo original. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Costo elevado ya que se consideran piezas especiales. ➤ Ninguna. |
| DEPÓSITO PARA LA RECIRCULACIÓN Y/O ALMACENAMIENTO DEL AGUA. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Adquirir uno nuevo. ➤ Corregir sus deficiencias. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ninguna. ➤ Se conserva original el equipo es de bajo costo y no se requiere personal especializado. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Costo elevado ya que es una pieza de fabricación especial. ➤ Ninguna. |

Tabla 6.- Soluciones viables para el módulo hidráulico.



Por lo tanto en la tabla 7 se muestra a manera de resumen la solución definitiva que se aplicara a cada elemento del equipo que nos ocupa.

|  ELEMENTO | SOLUCIÓN  |
|---|---|
| SWITCH Y PROTECTOR TERMICO | MANTENIMIENTO CORRECTIVO. |
| REGULADOR DE CORRIENTE ELECTRICA | CONSERVARLOS MEDIANTE UN SERVICIO INTEGRAL. |
| AMPERÍMETRO Y VOLTÍMETRO. | CORREGIR SUS DEFICIENCIAS. |
| MOTOR DE LA BOMBA | MANTENIMIENTO CORRECTIVO. |
| DINAMOMETROS | MANTENIMIENTO CORRECTIVO. |
| FRENO PRONEY | CORREGIR SUS DEFICIENCIAS. |
| BOMBA | MANTENIMIENTO CORRECTIVO. |
| TUBERÍA, VÁLVULAS Y MANÓMETRO. | CONSERVARLOS MEDIANTE UN SERVICIO INTEGRAL. |
| CARCAZA CON VENTANA Y RODETE | MANTENIMIENTO CORRECTIVO. |
| DEPÓSITO PARA LA RECIRCULACIÓN Y/O ALMACENAMIENTO DEL AGUA. | CORREGIR SUS DEFICIENCIAS |

Tabla 7.- Soluciones designadas y llevadas a cabo para la rehabilitación del equipo turbina Pelton.



C A P I T U L O I I I

PROCESOS DE PLANEACIÓN CONTROL Y EJECUCIÓN DE LA SOLUCIÓN

En este capítulo describo la planeación, control y ejecución de todas y cada una de las diversas actividades llevadas a cabo para la rehabilitación del equipo, así como los tiempos sugeridos para llevarlas a cabo, los materiales requeridos, el equipo mecánico y de protección empleados, entre otros. Se divide en tres procesos: el de **planeación**, **control y ejecución** de la solución, los cuales describo a continuación.

3.1 Proceso de planeación

En este proceso organizo todas las actividades que se visualizaron para la rehabilitación del equipo, además proporciono tiempos tentativos en los cuales se deben llevar a cabo las mismas. Para tal efecto y tomando en cuenta la división de sistemas del



capítulo I, tabla 2, que engloba todos los componentes, sugiero en la siguiente figura 21, tiempos previstos para la rehabilitación.

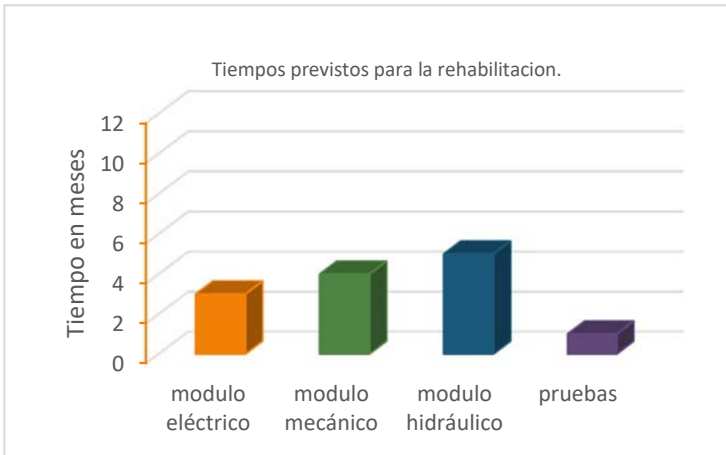


Figura 21.- Se muestran los tiempos en meses que se tardó en cada uno de los módulos así como las pruebas finales.

En base a la duración de las actividades propuestas, tales como el desmantelamiento del equipo, la solicitud y llegada de los materiales, la fabricación y rehabilitación de piezas, además, considero situaciones que pudieran surgir de manera imprevista los cuales detallo en seguida.

A. Módulo eléctrico

- a. Desmontar el panel de control de la estructura de soporte.
- b. Abrir el panel de control para limpiar su interior con dieléctrico y enseguida retirar todos sus componentes hasta dejarlo en su forma más simple con la intención de darle mantenimiento y seleccionar las piezas a cambiar²,
- c. Retirar la pintura dañada de la carcasa del panel de control, preparar la superficie del panel de control para recibir primario y después aplicar pintura a la carcasa.
- d. Colocar nuevamente dentro del panel de control todos sus componentes, solo que esta vez con las piezas de remplazo e integrarlo nuevamente a la estructura principal de soporte.

B. Módulo mecánico

- e. Desmontar el motor de la Bomba.

² Las cuales se solicitará su adquisición al jefe encargado del laboratorio según muestras o datos equivalentes.



- f. Extraer la carcasa para permitir el acceso interno a la bomba y sustraer los baleros para ordenar las piezas². la tapa de la carcasa se mandará cromar, una vez que se tengan las piezas de remplazo y la tapa, serán instalados en su respectivo lugar.
- g. Limpiar los componentes del motor con dieléctrico, así como, reparar el corto circuito localizado en el cable que va del motor al toma corriente.
- h. Eliminar la pintura dañada del cuerpo del motor para preparar su superficie y aplicar primario, posteriormente se aplicará la pintura.
- i. Colocar los baleros y todos los elementos que conforman el motor con las piezas de remplazo e integrarlo nuevamente al equipo.
- j. Separar los dinamómetros del equipo para retirar los tubos y vaciar el depósito de mercurio. En seguida se quitará la pintura que los cubre y se enviarán al tratamiento de cromado, una vez listos los mismos se instalarán correctamente en sus respectivos lugares.
- k. Remover el freno Proney con su respectivo rodete para cambiar las balatas y mandarlo al proceso de cromado, una vez que se tenga se deben instalar las balatas nuevas para ubicarlo nuevamente en su lugar.

C. Módulo hidráulico

Bomba

- l. Desarmarla y eliminar la pintura dañada a la carcasa, posterior a ello preparar la superficie para recibir primario y enseguida la pintura nueva, así como cambiar los tornillos que la sujetan por nuevos. Respecto al impulsor, colocarlo en ácido removedor de óxido y posteriormente enjuagarlo para poder colocarlo.
- m. Retirar el oring de goma dañado del sello mecánico para su adquisición², una vez recibidos colocarlos nuevamente en su sitio.
- n. Una vez rehabilitadas las piezas colocarlas de nuevo todo dentro de la carcasa con su respectivo orden:
Tubería, Válvulas y Manómetro.
- o. Retirar el manómetro y solicitarlo en el stock del laboratorio.



- p. Separar las válvulas para proporcionarles mantenimiento y así lograr mejorar su apariencia física.
- q. Desconectar la tubería para remover la pintura vieja, enseguida preparar su superficie para recibir primario y después colocar la pintura nueva.
- r. Una vez realizado el paso anterior vuelva a colocar las válvulas y el manómetro de nuevo a la tubería y ésta al equipo ya con sus componentes:
Carcasa con ventana y rodete.
- s. Retirar el armazón con ventana, resanar las partes dañadas con fibra de vidrio, preparar la superficie para el primario y posterior a ello pintarlo del color adecuado. Cambiar la ventana por una nueva.
- t. Separar la rueda Pelton de su base la cual será enviada al tratamiento de cromado, mientras que la rueda solo será sometida a un proceso de pulido para realzar su buen estado físico.
- u. Respecto al **depósito de recirculación del agua**, se debe remover la pintura de la parte interna para posteriormente preparar la superficie para primario y después pintarlo; adicional se debe pulir la superficie de la parte de afuera solo para enriquecer su estado.
- v. Con los componentes ya rehabilitados se arma y coloca en la turbina respectivamente.

Finalmente deben llevarse a cabo pruebas en general para hacer pequeños ajustes y detectar si no hay fugas o alguna otra falla en las reparaciones hechas y/o en los elementos que fueron rehabilitados.

Si surge algún inconveniente, llámese falla o deficiencia, localice el problema, así como el módulo al que pertenece y regrese al apartado que corresponda para repetir los pasos a seguir para su reparación.

En la siguiente tabla, número 8, se proporcionan los tiempos de planeación de las actividades.



| Modulo | Semana | 1 a 4 | 5 a 8 | 9 a 12 | 13 a 16 | 17 a 20 | 21 a 24 | 25 a 28 | 29 a 32 | 33 a 36 | 37 a 40 | 41 a 44 |
|----------------|-----------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Actividad | | | | | | | | | | | |
| A. | a | █ | | | | | | | | | | |
| | b | █ | | | | | | | | | | |
| | c | | █ | | | | | | | | | |
| | d | | | █ | | | | | | | | |
| B. | e | █ | | | | | | | | | | |
| | f | █ | | | | | | | | | | |
| | g | █ | | | | | | | | | | |
| | h | | █ | | | | | | | | | |
| | i | | | █ | | | | | | | | |
| | j | | | | █ | | | | | | | |
| | k | | | | | █ | | | | | | |
| C. | l | █ | █ | | | | | | | | | |
| | m | | | █ | | | | | | | | |
| | n | | | | █ | | | | | | | |
| | o | █ | | | | | | | | | | |
| | p | | | █ | | | | | | | | |
| | q | | █ | | | | | | | | | |
| | r | | | | | | █ | | | | | |
| | s | | █ | █ | | | | | | | | |
| | t | | | | | █ | | | | | | |
| | u | | | | | | | █ | █ | █ | | |
| | v | | | | | | | | | | █ | |
| Pruebas | | | | | | | | | | | | █ |

Tabla 8.- Tiempos Previstos para realizar las distintas actividades en el proceso de rehabilitación de la Turbina Pelton



3.2 Proceso de control

En este apartado expongo el proceso que lleve a cabo para realizar este trabajo, además de mostrar y presentar la funcionalidad de los diferentes formatos que utilicé para tener un mayor control de todas las actividades realizadas.

Mi intención es que este proyecto se quede como un precedente del uso y cuidado de la turbina, para que futuros interesados en éste u otros equipos que compartan similares características, puedan ser usados y arreglados de manera correcta.

Cabe mencionar que por cuestiones de tiempo y espacio solo se presentan los formatos en blanco, ya que los originales se dejaron en cada una de las estancias competentes.

A continuación presento la descripción de cada formato que se utilizó y en las siguientes tres hojas cada uno de ellos en el orden en que los describo:

❖ **Formato de solicitud de piezas y materiales dirigido al jefe de laboratorio.**

El **FSJL** se ocupa para hacer llegar al jefe encargado del laboratorio los diversos materiales y piezas que son necesarias para el desarrollo del proyecto. En éste debe especificarse el nombre, la descripción y cantidad de los mismos.

❖ **Formato de seguimiento de tiempos y realización de actividades.**

El **FATP** (Formato de asistencia para la turbina Pelton) se utiliza para registrar las actividades que se llevan a cabo día a día; en este formato se deben colocar la fecha, hora de inicio y hora final.

❖ **Vale de préstamo de material del laboratorio L1.**

Este formato sirve para solicitar el material a utilizar durante la estancia en el laboratorio, cabe mencionar que este se viene empleando desde hace tiempo por el almacén del laboratorio para tener un mejor control de la herramienta que es prestada y me fue proporcionado por el jefe del mismo.



FSJL

Ing. José Luis Ramírez Cruz.
Jefe de los laboratorios L1 y L2
P r e s e n t e .

Solicito a usted y de no haber inconveniente alguno, por este conducto el material abajo en listado y que servirá para el proyecto denominado rehabilitación del equipo Turbina Pelton que forma parte del programa paquete titules y en el cual estoy colaborando.

| N° | NOMBRE | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD |
|----|--------|-------------|----------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| | | | |
| | | | |

Le agradezco de ante mano su rápida respuesta y sin más por el momento me despido

A t e n t a m e n t e
San Juan de Aragón, Edo. de México a __ de _____ de 20__
EL ALUMNO

Salgado Sandoval Fernando Isaac
Carrera: Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FES ARAGON



FATP

PROYECTO: _____

TESISTA: _____

HORARIO: _____ a _____ hrs.

FECHA: _____

SUPERVISO: _____

ACTIVIDADES:

OBSERVACIONES:



| | |
|---|---|
| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO | |
|  | FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN |
| | LABORATORIO "DISEÑO Y MANUFACTURA" L-1 |
| VALE DE ALMACÉN | |

NOMBRE DEL PROFESOR: _____ FOLIO No: _____
 NOMBRE DEL ALUMNO: _____ No DE CUENTA: _____
 ACTIVIDAD: _____
 FECHA : _____ GRUPO: _____ CARRERA: _____

ÁREA: MÁQUINAS I MÁQUINAS II PAINTERÍA CERÁMICA SOLDADURA Y FORJA FUNDICIÓN MADERAS PATIO

| CANTIDAD | DESCRIPCIÓN | OBSERVACIONES |
|----------|-------------|---------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

| USO EXCLUSIVO DEL ALMACÉN | |
|----------------------------------|--|
| ENTREGÓ: _____ | |
| RECIBIÓ: _____ | |

AUTORIZÓ: _____ RECIBIÓ: _____
(FIRMA DEL PROFESOR) (FIRMA DEL ALUMNO)

NOTA: FAVOR DE LLENAR TODOS LOS DATOS Y POR NINGUN MOTIVO DEBERÁN QUEDARSE CON EL EQUIPO, MATERIAL Y/O HERRAMIENTA DESPUÉS DE LA PRÁCTICA



3.3 Proceso de ejecución

En este apartado explico paso a paso el procedimiento que realice para la rehabilitación de la turbina el cual está acompañado por una serie de fotografías que sirven como apoyo y son citadas como Figuras siguiendo el formato de los capítulos anteriores, y que tienen como objetivo que las personas interesadas en la utilización de este equipo sepan cuáles fueron las condiciones y las problemáticas que presentó antes de hacerla funcionar, y así en una situación similar que se pueda presentar sepan cómo trabajarla y/o repararla.

A continuación, expongo la descripción del proceso, dando seguimiento a los tiempos mostrados en la Tabla 8 y siguiendo una nomenclatura de acuerdo con el subcapítulo 3.1 y los módulos eléctrico, mecánico e hidráulico.

Semana 1 a 4.

Dentro de este lapso de tiempo lo primero en lo que trabaje fue en la revisión y diagnóstico de la turbina, lo cual me permitió determinar las posibles causas de las fallas que provocaron que quedara en desuso.

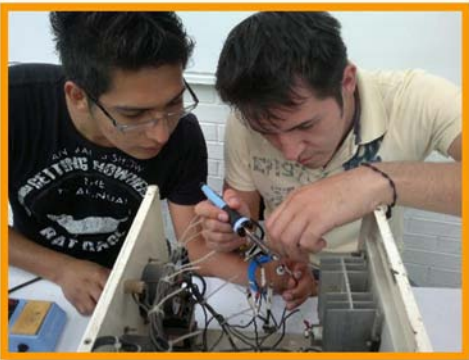


Figura 22: Actividades iniciales para la revisión.

A.a. Esta revisión como se muestra en la Figura 22 se inicia con el panel de control, el cual, con ayuda de las llaves españolas, se desmonta de la estructura de soporte para así explorar de mejor manera sus interiores y poder realizar pruebas.

A.b. Se abre el panel de control para revisar con un multímetro y un generador de corriente, los componentes del mismo y de esta manera detectar las piezas que no cumplen con su función; para luego ser solicitadas al jefe de laboratorio. Este

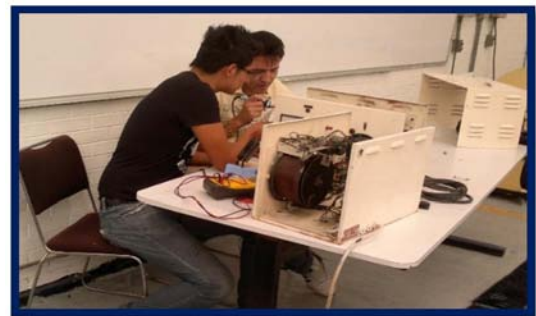


Figura 23: Revisión a detalle del control con ayuda del multímetro.



procedimiento se termina con la limpieza de todos los componentes con dieléctrico.



Figura 24: Condiciones en las que se encontró el motor y la bomba.

B.e. En el mismo lapso de tiempo comencé con el desmonte del motor de la bomba para lo cual, no se necesitó de llaves muy especializadas fue suficiente con las llaves españolas y las pinzas de chofer. Y como se observa en la Figura 24 se ve el motor ya fuera de la estructura y la bomba ya sin carcasa.

B.f. Una vez teniendo abajo el motor, retire la carcasa para acceder a su interior y así sustraer los baleros dañados Figura 25 con ayuda de un extractor de poleas. Nótese el deterioro que presentaban estos por lo cual al momento de la prueba su funcionamiento no era el correcto, es importante mencionar que con la intención de mejorar la apariencia de la carcasa esta se mandó cromar.



Figura 25: Vista por ambos lados de los baleros.



Figura 26: Vista trasera del motor con adaptación.

B.g. Dentro de esta exploración se detectó un corto circuito en el cable que va del motor al toma corriente, este desperfecto se reveló con la ayuda del multímetro, y se provocó como consecuencia de que uno de los cables de la clavija, estando ya expuesto, hacía contacto con el cuerpo de la bomba. En su reparación se hace una adaptación como se ve en la Figura 26 para poder utilizar zapatas y terminales que eviten que tenga contacto con cualquier superficie e impedir otro corto circuito al final se limpian todos los componentes del motor con dieléctrico.



C.I. Otro procedimiento que se hace en este mismo tiempo, es desarmar la bomba, eliminando la pintura dañada del cuerpo de esta con ayuda de un removedor de pintura y con una lija 1500 de agua se terminó el resto. Esto se trabaja como el previo de preparación de la superficie para aplicar el primario y en seguida la pintura anticorrosiva nueva.



Figura 27: Condición inicial de la carcasa de la bomba.

Por otro lado se cambian los tornillos de sujeción, ya que estaban muy deteriorados como se puede ver en la Figura 27 y de dejar estos podría ser contraproducente, debido a que la fuerza que genera el motor es tal que podría zafar la base y provocar un accidente.



Figura 28: Deterioro del Impulsor inicialmente.

En cuanto al impulsor de la bomba, que fue sustraído con el extractor de poleas en las condiciones que se muestran en la Figura 28 se realiza la limpieza del mismo, ya que debido a su desuso, no cuenta con la apariencia necesaria y sobre todo con la función correspondiente. Para su lavado se coloca en removedor de óxido, una vez, que actúo el ácido, se limpia y su apariencia ahora corresponde a la Figura 29 y puede ser colocado.



Figura 29: Apariencia final del impulsor.



Figura 30: Vista frontal del manómetro original

C.o. Respecto a la tubería, se retira el manómetro provisional y se solicita al stock del laboratorio el original que se muestra en la Figura 30 ya que el encargado del equipo lo resguardo para que este no sufriera daño o fuese hurtado.

Una vez que se tengan todos los componentes y piezas de remplazo de los procesos anteriores se colocaran en sus respectivos lugares.



Semana 5 a 8.

A.c. Se retiró la pintura dañada del panel de control con ayuda de un removedor de pintura como se muestra en la Figura 31, sin embargo al no funcionar de la manera esperada se trabaja con la samblasteadora o chorro de arena Figura 32, para así quitar de manera correcta la corrosión y los pequeños rastros de pintura que aun presentaba



Figura 31: Aplicación del removedor de pintura.



Figura 32: Samblasteadora de arena.

ya que la función de este consiste en lanzar un chorro de arena a presión que sirve como abrasivo. Una vez listo se preparó la superficie para aplicar el primario con la ayuda de una pistola para pintura y en seguida se le dio el acabado final con pintura azul y oro, correspondientes a los colores institucionales.

B.h. Así mismo con ayuda de un removedor de pintura y con lija 1500 se eliminó la misma del cuerpo del motor para después aplicar el primario siendo muy cuidadoso con el proceso de pintado ya que al tratarse de elementos eléctricos pueden sufrir



Figura 33: Cara lateral del motor ya sin pintura.

daños al estar en contacto con la humedad de la pintura ocasionando fallas futuras o daños considerables que pudiesen llevar más tiempo en repararlos y posterior a ello se le colocó una pintura color rojo como se puede apreciar en la Figura 34.



Figura 34: Cara lateral del motor ya con la pintura nueva.

- C.l. Dentro de estas semanas se continua con el proceso de desarmado y pintura de la bomba ya que por ser un proceso extenso llevo más tiempo en realizarse.
- C.q. Se desconectó la tubería con ayuda de las llaves españolas y con una lija 1500 se le retiro toda la pintura vieja, se limpió y aplico el primario para después colocarle el color azul.

- C.s. Se separó la carcasa con ventana del resto del equipo con ayuda de un desarmador plano ya que esta solo esta sujeta por cuatro tornillos inicié evaluando el daño en la estructura y eliminando la pintura dañada y vieja, posteriormente se quitó la ventana la cual ya no contaba con una buena visibilidad como lo muestra la Figura 35 lo que impedía



Figura 35: Vista frontal de la carcasa sin pintura.



Figura 36: Vista frontal de la carcasa sin pintura.

un desempeño satisfactorio para visualizar el flujo. Lo anterior fue posible rompiendo una parte de la carcasa para poder así sustraerla y que cuidadosamente se resanara y se reforzara permitiendo así el cambio por una ventana nueva, ver Figura 36. Se resanaron las esquinas y partes deterioradas de la carcasa con fibra de vidrio para evitar fracturas o que se debilite la misma, una vez lista se le aplico el primario y en seguida el color asignado, azul.



Semana 9 a 12

A.d. Ya teniendo lista la carcasa del panel de control se colocaron nuevamente todos los componentes en su interior, esto con ayuda de un multímetro, desarmadores, pinzas y cinturones. Las piezas a colocar fueron: el regulador de corriente, las terminales eléctricas, el puente de diodos, los diodos de potencia, el fusible, el protector térmico, el switch y todos los demás componentes.



Figura 37: Vista superior se observa el panel de control ya con sus elementos internos.

Con el multímetro se checo la continuidad de corriente y que todo estuviera bien conectado.

B.i. En el módulo mecánico se colocaron nuevamente los baleros nuevos al motor con ayuda de grasa para lubricar y un mazo de goma, también se colocó la carcasa que se mandó a cromar.



Figura 38: Sello mecánico de cuerpo completo.

con las piezas ya que al ser pequeñas son muy fáciles de extraviar. Una vez que se obtiene el oring nuevo Figura 39 se coloca en el sello y este a su vez se coloca dentro de la bomba.

C.m. En cuanto a la bomba, se retiró el oring de goma dañado, mientras el cuerpo del sello mecánico es sometido a un baño en ácido removedor de óxido para dejarlo en óptimas condiciones para su uso, teniendo cuidado



Figura 39: Orings de goma.

C.p. Por otro lado las válvulas se separan de la tubería con ayuda de las llaves allen, con la finalidad de dar mantenimiento con ácido removedor, para una mejor apariencia y para remover todas las impurezas que puedan tener.



- C.q. Se retira la pintura deteriorada en la tubería y se prepara la superficie para recibir nueva pintura anticorrosiva y se pinta.
- C.s. Se retoma la actividad de reparación de la carcasa con ventana así como todo lo necesario para su acabado final.

Semana 13 a 16



Figura 40: Componentes de los dinamómetros.

B.j Se comienza la actividad de separar los dinamómetros del equipo con ayuda de un desarmador plano. Una vez retirados con gran cuidado se les quita el silicón que sujeta a los tubos de cristal por los cuales sube el mercurio. Este último es vaciado de su depósito retirando su tapón en forma de tuerca, para resguardarlo y posteriormente nuevamente ser integrado.

En seguida se les quito la pintura vieja y se envían al proceso de cromado.

- C.m. Se sustituye el oring del sello mecánico.



Figura 42: Colocación de la bomba y sus elementos internos.

C.n. Toda vez que las piezas de la bomba están listas se procede a armarla procediendo de la siguiente manera: se inicia colocando el sello mecánico y el impulsor en su lugar este último con ayuda de un mazo de goma, para evitar dañarlo al golpearlo para acomodarlo en su sitio.

Luego se coloca la carcasa sujetándola al cuerpo del motor con su respectivo juego de tornillos y tuercas, auxiliándonos con el empleo de llaves españolas, las cuales proporcionan la suficiente presión para que se sujete de una forma segura. Ya que el motor cuenta con la bomba, es puesto de nuevo en su lugar dentro de la estructura de la turbina Pelton y se sujeta con ayuda de tornillos.



Semana 17 a 20



Figura 41: Dinamómetro cromado y rehabilitado.

B.j. Ya que están listos los dinamómetros se regresan y se les instalan tubos nuevos, se fijan a los dinamómetros garantizando su sellado con silicón y en seguida el mercurio se agrega nuevamente a los depósitos hasta llenarlos, hecho todo lo anterior son colocados en su respectivo sitio como se puede ver en la Figura 41.

B.k. Con un desarmador plano, pinzas y llaves españolas; se quita el freno Proney con su respectivo rodete, se separan las balatas y así tenerlo en las dos partes que lo conforman, con la finalidad de mandarlos al proceso de cromado. Una vez que se tienen las piezas ya cromadas y listas, se colocan las balatas nuevas y se vuelven a unir las dos piezas para así conformar una sola la cual al igual que su rotor son colocadas en sus respectivos lugares.

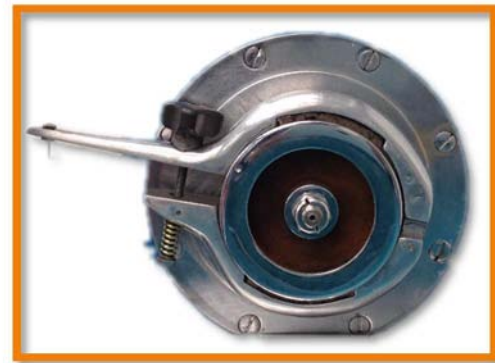


Figura 43: Freno Proney cromado y rehabilitado.

C.n. Se concluye esta actividad. (descrito en la semana 13 a 16 en la que inicio).



Figura 44: Base de la rueda Pelton ya cromada.

C.t. Se separa la rueda Pelton con su base con ayuda de un desarmador plano se retiran los tornillos que la unen a la carcasa de fibra de vidrio. La base se envía al proceso de cromado mientras que la rueda Pelton solo se



Figura 45: Rueda Pelton rehabilitada.

somete a un proceso de pulido ya que esta fue cromada en una rehabilitación pasada esto con el objetivo de darle una mejor apariencia y remover las impurezas que esta presenta.



De la semana 21 a 24

C.r. Una vez que la tubería ya haya pasado por el proceso de retirarle la pintura dañada, ponerle el primario y volverla a pintar, se colocan las válvulas y el manómetro, así mismo se conecta la tubería a la tina y al resto de la estructura de la turbina con ayuda de las llaves españolas y allen.

De la semana 25 a 36



Figura 46: Depósito de agua antes de la rehabilitación.

Acto seguido se prepara la superficie para recibir el primario y después la pintura que dé el acabado final como se percibe en la Figura 47.



Figura 47: Aplicación de la pintura al depósito de agua.

Con la máquina de pulir y polish, se brinda al exterior una mejor apariencia.

De la semana 37 a 40



Figura 48: Elemento denominado turbina Pelton rehabilitada por completo.

Ya que todas las piezas y partes que conforman la turbina Pelton (de los tres módulos) se han rehabilitado, serán instalados nuevamente con desarmadores, pinzas, llaves allen y españolas según se requiera, en su respectivo lugar y tratando de no causar daño a estos mismos, para posteriormente hacer las pruebas necesarias y detectar posibles imperfecciones así como algunos problemas que se pudieran presentar y del mismo modo darles solución. El resultado final se aprecia en la Figura 48



3.4 Pruebas

Estas se realizaron de la **semana 41 a 44** y para llevarlas a cabo se siguió el procedimiento descrito en la tabla 3, realizando los pasos del inciso A. al F.

Al hacer al primera prueba me percate que al encender el equipo, este acciono nuevamente el protector térmico cortando el suministro de corriente, siendo esta acción incorrecta, se revisaron nuevamente los componentes eléctricos, antes de pensar en alguna falla del motor lo que dio como resultado la falla del fusible, por lo cual se procedió a cambiarlo una vez más.

En una segunda prueba y una vez restablecida la corriente me percate por un zumbido al interior del panel de control que el regulador de corriente, al colocarlo en la posición cero, no interrumpía el paso de la corriente al resto de los componentes del equipo, y por lo tanto el motor de la bomba no se detenía. Lo que condujo a inspeccionar el panel de control con una óptica diferente al iniciar estos trabajos y el resultado fue percatarme que el gancho del regulador de corriente no accionaba el botón de paro por lo cual solo fue cuestión de ajustarlo.

Una vez solucionado lo anterior el siguiente elemento que fue el freno Proney, debido a que el vástago resorte, que contiene, tenía demasiada presión y esto provocaba, que al estar en contacto el rodete con la balatas del freno sacará humo y la vibración producto de lo anterior se transmitía como golpeteo de buena intensidad hacia el dinamómetro y para impedir algún daño además de no ser su condición de operación, este fue motivo de un ajuste. Y puso en evidencia que los dinamómetros contenían un exceso de mercurio impidiendo su funcionamiento correcto para lo cual fue necesario extraerles un poco resolviendo así el inconveniente citado.

Subsanado lo anterior se continuaron las pruebas solo para verificar que el equipo trabajara de manera correcta como se requiere en las prácticas, para las cuales se rehabilito.



CONCLUSIONES

Al realizar este trabajo pude darme cuenta y crear conciencia durante el proceso, de la problemática que existe en los laboratorios con respecto a los equipos que se encuentran como exhibición, ya que estos, en algún momento fueron utilizables y manipulados por los alumnos para hacer prácticas, con el paso del tiempo dejaron de funcionar y llegaron a ser inoperables, en un principio cuando decidí realizar este trabajo solo estaba enfocado en el proyecto que me ocupaba, la turbina Pelton, pero me percate que habían más equipos en las mismas condiciones mismos que cabe mencionar también fueron rehabilitados por otros compañeros como trabajo de tesis y bajo el Programa Paquete Titules.

Para ayudarnos a comprender un poco las dimensiones y la raíz de esta problemática debemos hacernos una pregunta.

¿Por qué fue necesario reparar este equipo?

Desgraciadamente son muchos los factores que influyen, entre los que mencionare, por:

- **Mal uso.** Ya que muchas veces los alumnos sin previo conocimiento de operación del equipo, sin una guía y aunado a la excitación de conocer algo nuevo llegan a manipularlo causándole daños.



- **Falta de supervisión.** Puesto que siempre debe de haber un encargado que verifique que se lleve a cabo la práctica correctamente y quien intervenga en dado caso de ser necesario.
- **Mantenimiento preventivo.** Durante la carrera se nos enseña que un equipo industrial, así como en nuestro caso, los equipos de laboratorio, se les debe dar un mantenimiento preventivo garantizando así su buen funcionamiento, pero muchas veces este no se realiza por falta de tiempo, personal, conocimiento o bien por falta de presupuesto y en el mejor de los casos, sí se le proporciona, éste puede resultar incorrecto.
- **Deterioro de uso.** Es un factor condicionado por la vida útil de los componentes y estrechamente ligado a una manipulación correcta de cada uno de ellos, por eso una vez que los alumnos terminan su práctica, es imperante recalcar el uso adecuado de los sistemas del equipo y que todos los componentes queden en la posición y/o en las condiciones en las que fueron encontradas.
- **Falta de una metodología.** Que nos ayude a comprender cuando es momento de cambiar, rehabilitar o en su momento cesar el equipo y así tener una certeza de que es la mejor decisión que se toma en el momento.

Por otro lado, respecto a la **alternativa de solución** que se llevó a cabo, considero que fue la más económica en cuanto a costos y tiempos debido sobre todo que al pertenecer y prepararnos en la Facultad estamos retribuyendo sin costo la mano de obra y poniendo en práctica lo aprendido con la asesoría de nuestros Profesores, ya que además no tuve que trasladarme ni invertir en transporte para llegar a otro lugar.

Referente a la **Planeación** que se propuso para realizar las acciones de este trabajo es posible que cualquier otra persona replique lo mismo si se apoya tanto en el calendario de actividades como en los formatos propuestos, o bien le sirvan de base para diligencias similares ya que se contempla un programa en forma de calendario y formatos que toman en cuenta desde la inspección preliminar al equipo pasando por las compras, solicitud de materiales, entre otros y hasta la ejecución de las actividades.

Con el objetivo de tener una base en cuanto a tiempos se refiere, del mismo modo quiero hacer énfasis en este punto ya que ciertamente los tiempos calculados para la realización de las actividades no siempre fueron exactos a la hora de llevarlas a cabo



siendo algunos mucho más largos de lo que se planearon ya que por circunstancias propias del equipo, personales y ajenas que están fuera del alcance de uno llegan a modificarse.

Esto mismo se ve reflejado en la **Ejecución**, puesto que los puntos a realizar en la planeación pueden ser logrados en tiempo y forma, siempre y cuando la persona que los lleve a cabo se enfoque cien por ciento en ellos, no siendo así mi caso ya que por razones personales deje el proyecto en paro por algunos meses, lo que sumado al periodo de elaboración de las actividades, obtención de componentes eléctricos, llegada de piezas, proceso de cromado (realizado por un tercero con el cual me tuve que adaptar a su entrega) y a la disponibilidad del presupuesto (muchas veces no se contaba con el dinero para la compra inmediata de materiales), condicionaron que el tiempo propuesto en la Tabla 8 fuera excedido.

En cuanto a las **pruebas finales** es trascendente mencionar que son decisivas para evaluar todo el trabajo integral que se ha realizado puesto que son los indicadores que corroboran o no si todos los sistemas involucrados en el equipo funcionan correctamente y así tomar las medidas pertinentes. Por consiguiente fue necesario programar un lapso de tiempo en el cual se realizaron estas pruebas poniendo así en evidencia lo antes mencionado ya que en este período salieron a relucir ciertos elementos que aunque ya rehabilitados y con todas las piezas nuevas algunos de ellos se tuvieron que ajustar revisar e incluso cambiar, esto debido a que muchos de los mismos al ser un equipo importado no se hallaron nuevas por lo cual se rehabilitaron en lo mayormente posible pero dejando así una brecha en la cual se es consciente que esta pieza al no ser nueva en un futuro pudiera presentar una falla, ya que su vida útil seguramente es escasa o está por terminar. Me gustaría señalar que estos no se consideran contratiempos ya que precisamente esa es la intención de las pruebas garantizar que el equipo así como los maestros y alumnos alcancen los objetivos para el cual se rehabilito el mismo, reduciendo las probabilidades de falla considerablemente.

Me quedo con la experiencia y enseñanza que el realizar este trabajo me brindo y me ayudo a tener un enfoque diferente de lo que es la responsabilidad, a madurar para ser una mejor persona e ingeniero, a ser más dedicado y saber definir mis prioridades. Así como con la satisfacción de saber que el trabajo llevado a cabo en este proyecto



queda como precedente para las futuras generaciones, de salvar un equipo que se consideraba en desuso, de exhortar a mis compañeros a que se interesen más por preservar en buen estado no solo los equipos de laboratorio sino toda la Universidad en general ya que es nuestra segunda casa, de permitirme devolverle algo a mi casa de estudios a cambio de todos los conocimientos que en ella adquirí y por todo lo que en ella viví.

Finalmente doy gracias por la oportunidad que se me brindó al dejarme realizar este trabajo así como por todo el apoyo que recibí por parte de mi familia y de los profesores ya que sin ellos no hubiese sido posible.

BIBLIOGRAFÍA

Frederick m., Luis Batres de la Vega, Guillermo Terrones m, ***Termofluidos, Turbomaquinas y maquinas térmicas***, Editorial Cecsca, México 1989.

Manuel Polo Encinas, ***Turbomaquinas hidráulicas: Principios fundamentales***

Editorial Limusa México 1980

Referencias electrónicas:

http://www.aragon.unam.mx/nuestra_facultad/mapa_fes/mapa.html.
Fecha de actualización 15/11/16