***Deformación del material.**

La deformación del material es un efecto normal de algún tipo de impacto mecánico o de rozamiento. Dicho impacto puede abrir o cerrar el área de descarga del paso. En algunos casos este daño no afectará en el área o ángulo de descarga, pero deformará el interior de la entrada, causando una interrupción de flujo de vapor en el paso. En la figura ***6.11.9*** puede observarse el efecto en la orilla de la entrada de los pasajes causado por un rozamiento axial pesado.

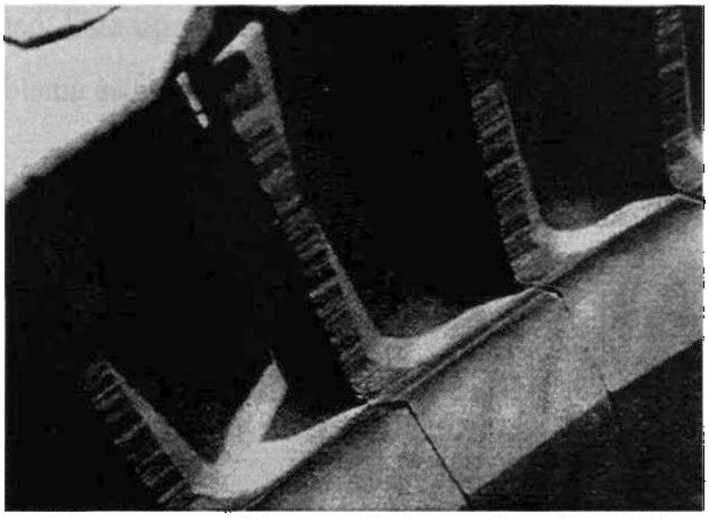

Fig. 6.11.9 Línea de aspas movibles con daños en la orilla de la entrada.

Las pérdidas en este tipo de caso pueden ser únicamente evaluadas en términos del daño causado, el cual necesitará ser evaluado individualmente en cada caso.

6.11.7. FALLAS DE HUMEDAD

La humedad es formada en el fluido de trabajo debido a la condensacion del vapor en flujo. Las gotas de agua que se han formado son transportadas através del recorrido del flujo de el vapor en uso. Una porcion de estas gotas se deposita sobre las superficies de los componentes, en los cuales estas gotas tendrán la libertad de seguir

moviendose hasta formas gotas mas grandes. Estas gotas mas grande pueden entrar una vez mas a el flujo de vapor e impactarse sobre las componentes de los pasajes del flujo de vapor, causando erosión. De cualquier forma existe mas de una forma de que el agua acumulada proveque un daño.

***Erosión por humedad.**

Una vez que las gotas de agua se han formado, acumulado y entrado una vez mas al flujo de vapor, tienen la potencia para erosionar el material de los álabes, si estas impactan a alta velocidad. Este tipo de daño es común en la mayoria de de los álabes del ultimo paso, dicho problema es mostrado en la figura ***6.11.10***

Fig. 6.11.10 Erosión en el extremo de entrada de álabes móviles.

Este problema de erosion de impacto de humedad ocurre en la seccion de álabes antes mencionada, en la seccion de baja presion del paso. Hay una pérdida de material, lo que es ocasionado por las fuerzas de impacto desarrolladas en las secciones exteriores de las aspas, por las gotas de agua. Como resultado de este impacto, el material que se desprende de los compoentes causa un efecto de rasgado de las superficies.

Las pérdidas de eficiencia en la porcion exterior de la periferia a la entrada de la turbina, es por lo general determinada como de muy baja magnitud, por lo cual no garantiza ninguna accion de restauracion. Sin embargo la boca del área aerodinámica puede ser reparada por métodos de restauracion, pero; a menos que exista una razón mecánica para efectuar esta reparación, esta acción no será considerada para la eficiencia.

Erosión de lavado.

Cuando enormes cantidades de agua fluyen por los canales de flujo del vapor, algunas veces a altas velocidades y niveles de presion, estas tienen la potencia para causar daños por erosión de lavado de las superficies del material. El grado hasta el que el material es removido esta en función del material, de su dureza y la cantidad y la velocidad del agua. En la figura ***6.11.11*** se aprecia una porcion de un álabe en movimiento con severas pérdidas de material.

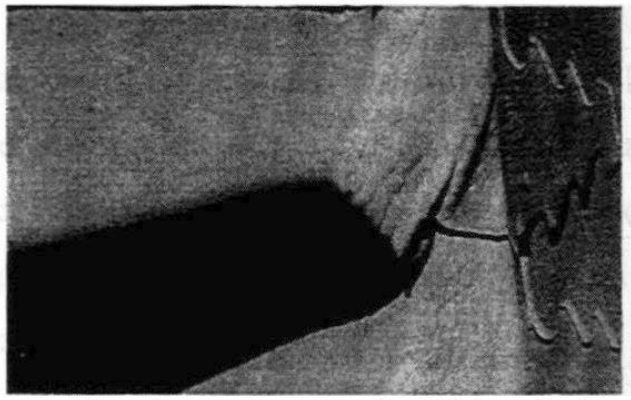

Fig. 6.11.11 Erosión por lavado con agua en los álabes de la etapa de control de una unidad nuclear.

La erosión por lavado de agua tiene la propieda de modificar la forma de los pasajes del flujo de vapor, por medio de la pérdida de material, de alguna forma teniendo los mismos efectos sobre la eficiencia del paso y como pequeñas partículas que son transferidas a la parte superior de la caldera. Este efecto de pérdida de material es generalmente mas predominante en los pasos operando en regiones de baja presion, al

final de la unidad. En estos casos el área de descarga diseñada en la unidad es lo suficientemente grande que cualquier incremento es diferencialmente pequeño y tiene un efecto despreciable. En la figura ***6.11.12*** se observa la porcion de una etapa de baja presión que ha sufrido erosión por lavado en la parte exterior de las paredes.

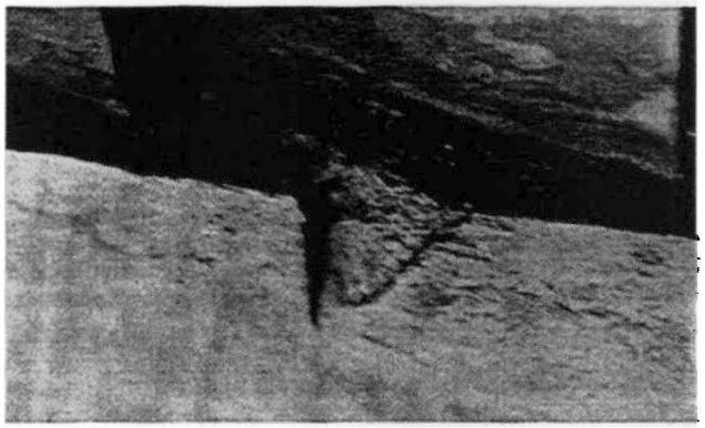

Fig. 6.11.12 Estrias por lavado en una cubierta de acero de un diafragma de un anillo externo.

Asi. existen algunos diseños en los cuales las unidaes han sido creadas para operar con reactores de enfriamiento de agua, en donde la humeda se presenta en etapas de alta presión y pérdida de material que puede representar un incremento en el área de descarga. Aquí las pérdidas pueden ser dignificantes, y deben ser evaluadas por la degradacion de la eficiencia.

Erosión de dibujo de cable.

Cuando en la turbina existen superficies de metal, y existen diferenciales de presión através de éstas, si se presentan residuos de agua, éstos serán forzados a circular sobre estas superficies, si algun tipo de flujo es iniciado. Asi como el agua fluye através de estas superficies se generan pérdidas de metal en superficies causando un incremento en el área de escape.

Erosión en el borde de salida de los álabes.

Este es un problema causado en la parte baja del borde de descarga de los álabes en movimiento, causado por la introduccion de agua a los pasajes de vapor para enfriar la salida, figura ***6.11.13***. Este problema ocurre en areas de alto esfuerzo, y ocasiona como resultado fracturas en canales por erosión/cavitación.

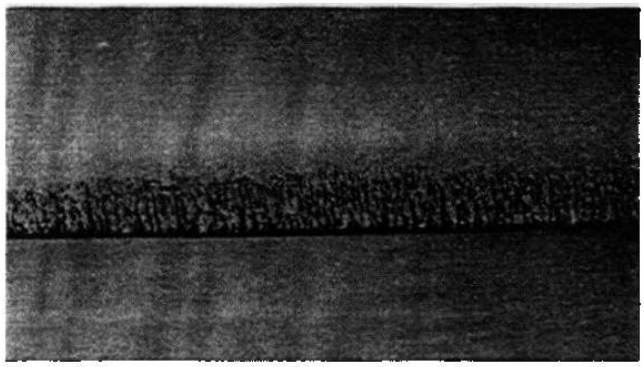

Fig. 6.11.13 Erosión sobre el borde de superficies de salida de álabes.

6.11.8. MATERIAL EROSIVO DE PARTICULAS SOLIDAS

Un problema encontrado en muchos mecanismos de etapas de entrada y salida, a altas o bajas presiones, y secciones de recalentamiento es la erosión por partículas sólidas. Este mecanismo remueve material de las superficies por la combinación de impactos de partículas de los tubos de la caldera y trasportados hasta los pasajes del vapor, las cuales tienen la potencia para causar pérdidas abrasivas de las superficies de los pasajes de vapor.

Esta escala de partículas puede causar mayores efectos con las pérdidas de material ya sea de partes fijas o móviles de la unidad. Ademas es capáz de remover material que fragilmente esta adherido a la cubierta de los álabes.

En las aspas fijas el mayor efecto presentado es la pérdida de material de la orilla de descarga, figura ***6.11.14***, causando el debilitamiento del material y modificacion del ángulo del área de descarga. Además las paredes pueden perder material, normalmente en la parte exterior de ellas. La entrada de los álabes fijos tambien se puede ver afectada por la acción de partículas, figura ***6.11.15***

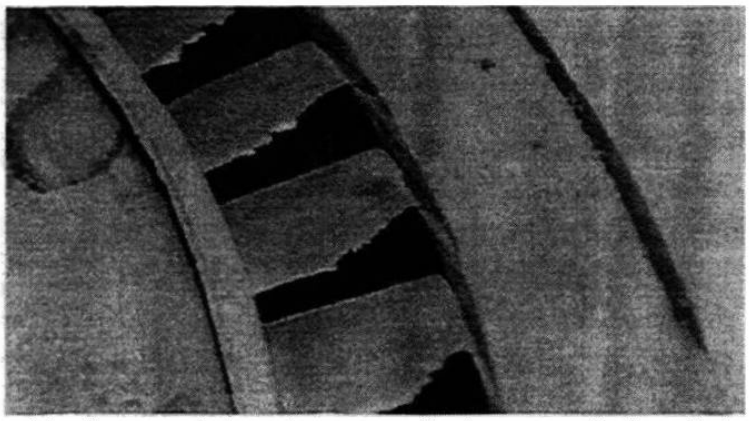

Fig. 6.11.14 Pérdida de material en las aspas de descarga de los álabes fijos.

Fig. 6.11.15 Pérdida de material del extremo de entrada en los álabes fijos.

En los componentes movibles el material es remobido de la orilla de las entradas, modificando la seccion del aspa y el angulo de entrada. Cuando es descubierto un daño como el el mencionado, la superficie de la canaleta de presión deberá ser examinada por esta falla de "cavitación". Esto es necesario porque algunos pasos que sufren del fenómeno de erosividad tienen una banda de cubierta total, y una pérdida de material de una superficie representa resquebrajamiento del interior del pasaje, lo que ocasiona fragilidad en el exterior del álabe, modificando sus carácteristicas vibratorias y

causando fragilidad estructural. Para los pasos que no incluyen banda de cubierta total, esto puede representar un resquebrajamiento del material de los tetones.

La pérdida de éste material en superficies provoca el acanalamiento de las mismas y de esta forma pérdida en la eficiencia. Sin embargo existen significantes formas de pérdidas de material asociadas con el material removido, lo que ocasiona cambios en los álabes y sus paredes. La forma en que este material se pierde puede afectar partes fijas en el área de descarga del paso, lo que representa una significante pérdida en aquellos pasos de la unidad de entrada de vapor de la caldera.

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con el creciente desarrollo energético y las exigencias cada día mayores de energía, sobre todo barata y cerca de los centros de consumo, el crecimiento de la potencia unitaria de las turbinas, han aumentado las exigencias de factibilidad de los equipos destinados para ese fin en todo el equipo que configura el ciclo de potencia, así como los elementos que configuran a cada equipo, principalmente hacemos énfasis en la turbina y sus elementos que pueden ser fijos y móviles, entre los que se encuentran los álabes.

Acorde con la información que se tiene principalmente en el Instituto de Investigaciones Eléctricas y la empresa paraestatal Comisión Federal de Electricidad el elemento que más sufre deterioro es el álabe móvil y fijo y el causante de que la turbina requiera más tiempo para reparación. Por tal motivo se presta mayor atención a salvaguardar el buen funcionamiento de los álabes. Así mismo para el diseño, selección del material idóneo y la calidad de la mano de obra para su instalación y mantenimiento preventivo y correctivo.

También es necesario enfatizar en la atención a los problemas de la resistencia mecánica, estática y dinámica de los álabes fijos receptores y móviles, para asegurar la fiabilidad de ellos en condiciones de vibración y evitar al máximo posible la erosión en los mismos.

Los esfuerzos que se deben tener siempre presente son: momento torsional (par de torsión) desarrollado por el vapor en los álabes receptores, momento flector o de flexión

debido al propio peso y el desequilibrio del álabe, así como el esfuerzo axial desequilibrado por el vapor.

El de mayor importancia de los esfuerzos es el momento torsional, sobre todo en los momentos críticos como el de corto circuito; los otros esfuerzos son demasiado pequeños y pudieran despreciarse.

Bajo el régimen de trabajo de las turbinas de vapor cuyas temperaturas de operación son tales, que el material de la misma (el álabe) trabaja en condiciones de elasticidad y en algunas ocasiones de fluencia plástica.

Los mayores peligros para la turbina son las oscilaciones de autoexitación y transitorias.

Las oscilaciones transitorias se presentan sobre todo cuando se rompen algunos álabes o cuando ocurre un sismo o, él generador eléctrico esta en corto circuito; siendo necesario adecuar un mecanismo de amortiguamiento para evitar un crecimiento ilimitado de este fenómeno, así como evitar el fenómeno de la resonancia y así evitar las vibraciones.

Los esfuerzos de distensión se pueden reducir substancialmente si los álabes se fabrican con perfil variable y con un área de disminución desde la raíz hacia la periferia, y para ello, los álabes del último escalón se fabrican con una aleación de titanio, cuya resistencia es similar al acero pero la relación de densidades del titanio con respecto a la del acero es aproximadamente 0.5. Así mismo, mediante este procedimiento, los esfuerzos de flexión ocasionados por las fuerzas centrífugas compensen las fuerzas de tensiones de flexión generadas por los esfuerzos del vapor.

El fenómeno de oscilación de los álabes o del conjunto se presenta siempre cuando la turbina se arranca y al ir desarrollando su velocidad puede pasar varias zonas de resonancia.

Con el fin de evitar prolongar el equipo en estas zonas, la máquina se somete a un calentamiento de pre-arranque para que todos los componentes se les incremente previamente su temperatura y cuando se tenga que pasar por las zonas de frecuencia crítica se pase rápidamente y el tiempo en resonancia sea muy corto y no cause daños en el grupo.

Durante este peligroso paso por las zonas críticas, a medida que se incrementa la fuerza perturbadora, la frecuencia aumenta en el álabe y su amplitud alcanza un valor máximo, al

aumentar la frecuencia, el fenómeno disminuya hasta anularse, después vuelve a repetirse cualitativamente.

La curva de flexión puede observarse durante las oscilaciones con la ayuda de una lámpara estroboscópica o determinarse mediante el método holográfico.

Las curvas de flexión que corresponden unívocamente a la frecuencia natural de la oscilación.

Esta frecuencia de oscilación se puede determinar mediante la siguiente relación

$$f = \frac{0.56}{l * l} \sqrt{\frac{EJ}{\rho \text{mat} A}}$$

donde: l = longitud perfilada del álabe
E = módulo de elasticidad
J = momento de inercia de la sección, mínimo para las vibraciones tangenciales y máximo para las axiales.
ρmat = densidad del material
A = área de la sección transversal
f = frecuencia hertz

Las vibraciones de resonancia se presentan cuando, la frecuencia de cualquier armónico de la carga coincide con una de las frecuencias naturales del álabe.

La línea de flexión dinámica coincide en este caso con la forma principal correspondiente de las oscilaciones.

La amplitud de las tensiones dinámicas máximas durante la resonancia en el curso de las oscilaciones de flexión de un álabe de sección constante, excitadas por la carga uniformemente distribuidas según la altura de la intensidad se determina.

$$\sigma din = \frac{\pi q_k l * l}{\eta \omega}$$

donde: η = disminución logarítmica de las oscilaciones

ω = par de resonancia de la sección del álabe

l = lomgitud perfilada del álabe.

q_k = intensidad de la carga de excitación

σdin = tensión dinámica del álabe

Concluyendo, el estudio para la fabricación y ensamble del álabe, así como su conservación en óptimas condiciones para que desarrolle eficientemente sus funciones, como también al aplicarle el mantenimiento ya sea preventivo o correctivo es demasiado complicado, delicado y de precisión, por las velocidades a las que son sometidos, además, este elemento es una parte interna que configura una turbina, por lo tanto, es de suma importancia, la gran responsabilidad que adquiere, la persona que desarrolle cualquier función en relación con el álabe y por ende con la turbina, ya que es la máquina del ciclo de potencia, más complicada para su funcionamiento, mantenimiento preventivo y/o correctivo.

Recomiendo a los estudiosos de este equipo que deberán tener muy presente los conocimientos de termodinámica, dinámica de gases, mecánica de fluidos, resistencia de materiales, y otras asignaturas afines para una mejor comprensión de las funciones y cuidados para este elemento y en general a la turbina.

INDICE DE TABLAS

No. de Tabla		Pag.
2.11	M y q como funciones de la relación entre presión y estática local y presión de estancamiento.	42
2.16	Choque polar transformado por ondas de choque oblicuas.	48
2.19	Párametro de la fricción para flujo comprensible de un gas en una tuberia aislada de diámetro constante.	62
2.20	Párametro limitante de fricción para un flujo comprensible de un gas en una tuberia aislada de diametro constante.	64
2.22	Valores limite de presión estática, velocidad, y volumen especifico de un gas fluyendo en un diametro constante.	69
4.8	Desviacion del angulo de flujo para el arco de *0/t* para diferentes valores de *M* y *0/t*.	130
4.13	Perfil del coeficiente de daños para álabes y las toberas de aluminio.	137
4.14	Coeficiente de pérdidas incidentes en los álabes de impulso.	137
4.15	Coeficiente de perdidas por incidencia para álabes anchos y boquillas	138
4.23	NACA-0012.	157
4.28	Factor de estrechamiento.	174
4.30	Factores de frecuencia.	181
4.31	Coeficientes de rotación.	182
5.1	Curva de termofluencia-ruptura (K-42-B forjado).	193
5.2	Prueba de termofluencia (TIMKEN 16-25-6).	194
5.7.2.1	Intervalos en horas.	218
6.4.1	Reducción del área de salida de los diafragmas de la turbina de 37.5 MW.	242
6.4.2	Resultados globales de las pérdidas y eficiencia de la turbina de 37.5 MW antes de mantenimiento.	244

6.8.1	Resultados del análisis de la turbina de 158 MW antes y después del mantenimiento.	273
6.8.2	Resumen del resultado global del análisis de la disminución de la potencia en turbinas de vapor durante 1995-1996.	274
6.9.1	Comparación de claros de sellos.	282
6.9.2	Condiciones de referencia de la turbina.	283
6.9.3	Efecto de la erosión en el canal de flujo de la etapa de control sobre la potencia de la turbina.	284
6.9.4	Efecto de los depositos en el canal de flujo sobre la potencia de la Turbina.	284
6.9.5	Efecto del incremento del claro de sellos internos.	285
6.9.5	Disminución de la potencia interna y eficiencia debido al desgaste de los elementos de la turbina, antes de mantenimiento.	286

INDICE DE FIGURAS

No. de Figura		Pag.
2.4	Observador moviéndose con la onda frontal.	24
2.5	Ondas de sonido en un gas	29
2.6	Flujo de desaceleración con un disturbio en una región subsónica	30
2.7	Ondas de choque débiles y oblicuas (θ muy pequeño)	36
2.8	Onda de choque débil y oblicua en un pasaje divergente	37
2.9	Onda de choque débil y oblicua en un pasaje convergente	37
2.12	Flujo supersónico alrededor de una esquina exterior e interior	43
2.15	Ondas de choque atada y aislada	43
2.13	Onda de choque fuerte y oblicua	44
2.14	Choque polar	45
2.17	Características de flujo isoentrópico en un pasaje de área variable de sección de cruce Vs. longitud en dirección del flujo.	55
2.18	Fuerzas actuando sobre un elemento de gas en un área de pasaje constante de sección cruce.	58
2.21	Línea de Fanno en un diagrama h-s.	65
2.23	Línea de Rayleigh para flujo comprensible sin fricción en un pasaje de sección uniforme con transferencia de calor.	73
2.24	Relación de flujo de masa como una función de la relación de presión.	78
2.25	Línea de corriente y elemento de volumen para el flujo circulatorio concéntrico.	78
3.1	Momento de una partícula.	81
3.2	Flujo arbitrario a través de un álabe.	83
3.3	Flujo arbitrario en el pasaje del rotor, vista lateral y de frente.	84
3.4	Sección cónica a través de la rotación que muestra el contorno cerrado para una sección total de circulación.	87

3.5	Fuerza de impulso debido al cambio de baja velocidad.	90
3.6	Fuerza de impulso debido al cambio de dirección de velocidad.	90
3.7	Fuerza de reacción debido a aceleración de la velocidad.	91
3.8	Velocidad relativa.	91
3.9	Radios del álabe.	93
3.10	Diagramas de velocidad para una turbina de impulso simple.	96
3.11	Diagrama polar de velocidad.	98
3.12	Diagrama de velocidad para una turbina de impulso simple.	98
3.13	Diagrama de velocidad ejercida de dos líneas de álabes.	104
3.14	Diagrama de velocidad polar para turbinas Curtís de tres filas de álabes.	106
3.15	Alabe de reacción.	109
3.16	Diagrama de velocidad extendido – Etapa de reacción.	110
4.1	Perfil de los álabes de impulso.	116
4.2	Alabes de impulso comunes.	117
4.3	Pasaje de álabes fijos a tobera.	118
4.4	Curtís dos filas.	121
4.5	Blocks de boquillas cónicas.	123
4.6	Diagrama de velocidad en las secciones raíz, media y punta	126
4.7	Efecto de la carga parcial y sobrecarga del triángulo de velocidad a velocidad constante.	127
4.9	Variación del ángulo de flujo y coeficiente de operación	131
4.10	Defección del flujo a la salida de la tobera.	132
4.11	Perfil del álabe simétrico de impulso.	133
4.12	Perfil del álabe de impulso unidimensional.	133
4.16	Etapa de presión de la turbina donde se muestra la orientación de los ángulos y de las velocidades.	139
4.17	Perfiles convencionales de la reacción del álabe	140
4.18	Clasificación de rotores.	145
4.19	Diagramas de velocidad.	152

4.20	Diagramas de velocidad para vórtice libre de flujo.	153
4.21	Diagrama de velocidad para 50% de reacción.	154
4.22	Sección aerodinámica del álabe.	156
4.24	Fuerzas actuantes en el álabe de propulsión.	158
4.25	Principio único de aerodinámica.	163
4.26	Ensamblado de etapas Curtis con protección de álabes.	169
4.27	Fuerzas actuantes sobre un álabe de turbina.	172
4.28	Ejes principales para albes de turbina	177
4.29	Modelos de vibración para álabes.	179
4.32	Esfuerzos tangenciales en secciones de disco tangenciales.	183
4.33	Bulbos y presillas para álabes de impulso de velocidades altas	185
4.34	Alabe de alta velocidad para turbinas de BMW 003.	186
4.35	Alabes de alta velocidad tipo STRADDLE-T.	186
4.36	Alabes de alta velocidad tipo STRADDLE.	187
4.37	Alabes de alta velocidad con base en forma de T.	187
4.38	Alabes de alta velocidad de base tipo árbol de Navidad.	188
5.7.2.1	Esquema de un hip.	211
5.7.2.2	Detalles del resanado.	220
5.7.2.3	Reparación de álabes.	221
6.4.3.1	Daños de la tobera No.1 de la etapa de control, turbina de 37.5 MW	241
6.4.3.2	Daños en la tobera No.2 de la etapa de control, turbina de 37.5 MW	242
6.4.3.3	Dobles de los filos de salida de los álabes.	243
6.4.5.1	Método de corrección y verificación para la tobera No. 1 (Etapa de control) .	246
6.4.5.2	Deposito de soldadura.	247
6.4.5.3	Proceso de enderezado de los bordes de salida de los álabes de los diafragmas de alta/intermedia y baja presión.	248
6.4.5.4	Filo de salida cortado.	248
6.8.2.1	Dobles de los filos de salida de los álabes.	262
6.8.2.2	Muestra el desgaste completo de sellos en una turbina de vapor.	262

6.8.2.3	Fuertes depósitos en los diafragmas de turbina, cambiando además la rugosidad y viscosidad.	263
6.8.2.4	Comportamiento del flujo en el control de álabes de las turbomáquinas.	264
6.8.5.1	Ilustración de las dimensiones de los perfiles de álabes.	271
6.10.2.1	Alabes L-0 de turbinas de vapor de baja presión de unidades de 300 MW.	292
6.11.1	Superficie con daño por ciclo alto.	298
6.11.2	Grieta por fatiga de ciclo bajo en una carcaza de alta presión.	299
6.11.3	Picaduras por corrosión en la línea de aspas movibles.	302
6.11.4	Grieta de hélice causada por daños de fatiga corrosiva.	304
6.11.5	Corrosión por rozamiento en la parte de la raíz del álabe.	305
6.11.6	Corrosión por rozamiento en un extremo de la superficie de una banda de la cubierta total.	305
6.11.7	Pieza de una válvula incrustada una hilera de aspas fijas.	306
6.11.8	Daño causado por impacto en una porción de entrada de una hilera de álabes móviles.	307
6.11.9	Línea de aspas movibles con daños en la orilla de la entrada.	308
6.11.10	Erosión en el extremo de entrada de álabes móviles.	309
6.11.11	Erosión por lavado con agua en los álabes de la etapa de control de una unidad nuclear.	310
6.11.12	Estrías por lavado en una cubierta de acero de un diafragma de un anillo externo.	311
6.11.13	Erosión sobre el borde de superficies de salida de álabes.	312
6.11.14	Pérdida de material en las aspas de descarga de los álabes fijos.	313
6.11.15	Pérdida de material del extremo de entrada en los álabes fijos.	313

GLOSARIO

Acidez: Termino usado para clasificar el agua que alimenta a una unidad generadora de vapor cuando tiene un PH inferior a 7; esto es muy importante porque si este valor es inferior a 7 se formaran fosfatos ácidos de calcio y magnesio que son altamente incrustantes; igualmente si el Mg existe en forma de cloruros, formara un compuesto muy corrosivo por reacciones cíclicas sucesivas que producen ácido clorhídrico que atacan al cero.

Agua: Sustancia formada por 2 átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno; puede ser potable, dura, suavizada, desmineralizada, condensada, pesada.

Agua Condensada: Cuando esta ha pasado del estado de vapor al estado líquido, es agua con una dureza igual o ligeramente mayor a cero.

Agua Dura: Cuando este fluido contiene materias en suspensión y disueltas, tales como: arenas, sales, ácidos, cloruros, oxígeno, etc., provocando incrustaciones u oxidaciones en el acero.

Agua Suave: Cuando este fluido se hace pasar por un tanque relleno de resina o zeolita, para que efectúe un intercambio ionico reteniendo la zeolita iones de magnesio y calcio y cediendo iones de sodio.

Agua Tratada: Cuando ha sido sometida a varios procesos y se le ha suavizado, desmineralizado, adecuado el PH, desoxigenizado, etc.

Alabe: Dispositivo que esta unido firmemente a la flecha, sirve para recibir y cambiar la dirección del flujo de vapor, cambio de momento. Tiene una forma geométrica de media luna; pueden ser fijos o móviles.

Alabes Fijos: Sirven para dirigir correctamente al vapor, que sale de los álabes móviles para que entre correctamente a la siguiente hilera de álabes móviles.

Amortiguamiento: Capacidad que debe poseer el metal del alabe para reducir o absorber los efectos del alabe para reducir o absorber los efectos de la vibración y las tensiones.

Angulo de Flujo: Desviación con respecto al eje de la tobera o de los alabes que sufre el vapor para eficientizar el proceso.

Anillo de Refuerzo: Es una banda que se instala al rededor de la periferia del alabeado cuyo objetivo es reforzar los alabes y prevenir el derrame del fluido fuera del alabe, así como disminuir los efectos de la vibración, se unen al alabeado por medio de tensores o bien son forjados integralmente a los alabes.

Arrastre de Sólidos: Cuando el agua a evaporarse contiene grasas y aceite, provocando la formación de espumas, mala operación en los niveles del agua, disminución de la cámara de vapor y al exigir grandes demandas de vapor arrastrará consigo cierto volumen de agua líquida, evaporándose fuera de la caldera depositando sales y provocando oxidación.

Aspecto de Proporción: Es una relación de la evaluación del álabe con respecto a la longitud de su cuerda sin estrechamiento; pero con estrechamiento en términos de longitud de cuerda y densidad.

Boquilla: Orificio de área variable por donde el vapor es suministrado para que se provoque una transformación de energía Térmica a Cinética o Velocidad.

Calibración: Es el ajuste del ángulo de salida del alabe y así obtener la abertura optima del alabe.

Calor: Energía que fluye de ∅ hacia un sistema, como resultado de una diferencia de temperatura entre el sistema y el cuerpo externo.

Calor: Energía que esta siendo transferida a través de la frontera de un sistema porque existe una diferencia de temperatura.

Calor Específico: Es la cantidad de calor que se transfiere a través de la frontera del sistema sin fricción ocasionado por la variación de temperatura de 1° (un grado) por unidad de masa en el sistema.

Carga Aerodinámica: cuando un fluido circula a través del pasaje de álabes fijos o móviles con la menor resistencia o fricción al circular.

Ciclo: Es un proceso o serie de procesos que retornan al sistema a su estado original o que tenia antes de iniciar el proceso.

Condición de Estancamiento: Un estado de estancamiento existe cuando un gas de alta es traído completamente al reposo isoentropicamente entonces la presión, temperatura y entalpía de estancamiento son mayores que las estáticas.

Corrosión: Es un fenómeno que se presenta cuando esta presente la oxidación que en presencia de ácidos, cloruros, altas temperaturas, tiempo y humedad provocan desgaste o adelgazamiento del metal en tubos, toberas, álabes, etc. presentándose primero pequeñas grietas visibles al microscopio y posteriormente ya visibles a simple vista.

Cubierta de Salida: Es la porción de la carcaza que colecta y entrega vapor de salida a la tubería de descarga o condensador.

Cuerda: Línea imaginaria que recorre el centro del álabe de su raíz a la punta.

Chumacera de Empujes: Usualmente es una combinación de los collarines que absorben las fuerzas axiales.

Densidad: Masa contenida en una unidad de volumen del sistema.

Deposito de Vapor: Es una cámara suplementaria donde el vapor es suministrado al banco de toberas.

Desmineralización: Actividad química que se efectúa en el agua de alimentación a la caldera para evitar que estos se precipiten y ataquen en el metal.

Desmoronamiento: Hender ligero o superficialmente el metal del alabe, provocando hendiduras o grietas.

Diafragma: Contiene el banco de toberas y sirve para confirmar el flujo de vapor hacia los pasajes de toberas y esta unido al cilindro o carcasa.

Disco Rueda: Los álabes móviles son unidos directamente al disco que gira y es asegurado fijado a la flecha.

Dispersante: Producto químico que se le agrega al agua de alimentación a las calderas para evitar que los lodos se precipiten, es decir, es un acondicionador de lodos.

Eficiencia Térmica: Es una relación de la energía convertida en trabajo en un determinado intervalo de tiempo con respecto a la energía suministrada al sistema en el mismo intervalo de tiempo.

Embalaje: Empaques en forma de anillos de carbón o laberintos que sirven para minimizar el escurrimiento en los espacios anulares entre el diafragma y la flecha.

Energía: Es la capacidad para producir un cambio o efecto en una sustancia.

Energía Cinética: Es la energía que tiene un cuerpo o sustancia en movimiento.

Energía Interna: Energía almacenada dentro de una masa de moléculas con respecto a su movimiento y configuración.

Energía Mecánica Potencial: Es la energía almacenada en un cuerpo, debido a su posición en un campo gravitacional.

Entalpia: Es una propiedad termodinámica de la materia que es la suma de la energía interna almacenada en una unidad de masa de moléculas y el producto de la presión y el volumen específico de la sustancia.

Equilibrio Radial: La velocidad absoluta del fluido se proyecta en tres componentes, Tangencial, Axial y Radial y la velocidad radial se considera constante, entonces la energía se transfiere positivamente en forma radial.

Escalas de Temperatura: Existen dos escalas convencionales y absoluta. La convencional son dos principalmente Centígrada y Fahrenheit. La absoluta, grados Rankine y Kelvin.

Esfuerzo Centrifugo: Es provocado por la componente fuerza centrifuga activa de salida, que resiente en un esfuerzo de tensión en la raíz del alabe quien empuja al alabe hacia fuera del disco o rotor; este esfuerzo esta en función de la masa de material, longitud y velocidad angular del mismo.

Etapas: Cantidad de discos fijos y móviles que deben instalarse en una turbina para mejorar la eficiencia, potencia y poder controlar la velocidad de la flecha para aprovechar la energía transformada pudiendo ser de velocidad y presión y por lo general actualmente combinadas.

Factor Solidez: Es la relación entre, la cuerda del álabe respecto a su inclinación.

Falla por Fatiga: Cuando el alabe es sometido a un esfuerzo sostenido bajo millones de segundo y es tal la función que desarrolla el material, que ocasiona la ruptura de los satómicos, provocando fragmentación local de los cristales.

Flujo Adiabático: Cuando no se efectúa ningún trabajo, aun cuando la fricción esta presente la temperatura y entalpía de estancamiento permanecen sin cambio en todas las secciones del pasaje de flujo de fluidos.

Flujo Axial: Cuando un fluido circula en dirección paralela al eje de la turbomáquina

Flujo Circulatorio: Es cuando un fluido se mueve en círculos, es decir, se forman remolinos.

Flujo de Energía: Es la transferencia de energía a través de la frontera del sistema ocasionada por el trabajo que esta realizando el fluido en movimiento impulsando el flujo a través de la frontera del sistema.

Flujo Isontrópico: Cuando no hay trabajo, las presiones de estancamiento son iguales en todas las secciones; pero existen cuatro casos en los cuales la presión puede disminuir y la variación de volumen puede ser positiva o negativa según sea numero de Mach igual, menor o mayor que uno.

Fragilización: Este fenómeno se presenta cuando el PH es mayor a 12 originando un excedente de sosa cáustica o sílica y conveniente al metal en quebradizo.

Fragilización Cáustica: Esto ocurre cuando el agua en el interior de la caldera es mayor de 12 y originará la formación de un excedente de hidróxidos, la mayoría de sodio que atacará en las uniones principalmente.

Fragilización Silicosa: Es una incrustación vidriosa y muy difícil de remover, para poder evitar este problema la alcalinidad del agua a la fenolftaleina deberá ser 2/3 partes de la alcalinidad al naranja de metilo y el PH del agua entre 9.5 y 10. Así mismo debe efectuarse la coagulación y desmineralización por medio de productos químicos que se agregan en la alimentación a la caldera o en el deairador

Fricción de Abaniqueo: Es un valor promedio de la fuerza de fricción entre la entrada y salida de un pasaje de alabes para un fluido.

Fricción del Disco: Es el choque entre el alabeado y el vapor provocando una perdida de energía cinética, transformada en calor que es transmitido hacia el vapor.

Fuerza: El producto de la masa por la aceleración de un cuerpo.

Gobernador: El sistema gobernador sirve para controlar el flujo de vapor para mantener constante la velocidad con fluctuaciones de carga, para mantener la precisión constante con variación de demanda por vapor procesado o ambos.

Incrustación: Cuando las sustancias que trae el agua al evaporarse, tienden a precipitarse o depositarse en el fondo.

Ingeniería Termodinámica: Es la parte de la ciencia que trata con todo tipo de maquinas de calor, Refrigeración, Aire acondicionado, combustión, compresión, Expansión de fluidos y propiedades de las sustancias usadas en esas aplicaciones.

Ley de la Conservación de la Materia: La materia es indestructible durante reacciones químicas o térmicas, la composición puede cambiar, pero la masa que envuelve cada elemento en tal reacción permanece constante.

Línea de Arqueo: Es simplemente un área de un circulo, una combinación de arcos circulares definidos, una parábola o cualquier curva apropiada.

Línea de Corriente: Suposiciones que se consideran para simplificar el análisis de un fluido tanto en el intercambio de energía como de velocidad.

Línea de Fanno: Esta línea nos proporciona algunas características importantes de un flujo adiabático con fricción; con la entalpía constante para un flujo atomizado una entalpía estática ocurre con un incremento en la velocidad y la entropía cuyo valor máximo ocurre a la velocidad del sonido.

Línea de Rayleigh: Esta línea define el sitio de estado para un proceso e indica que, calentando un gas en un flujo subsónico resulta en una aceleración hasta que la entropía máxima es aleanzada para un numero de Mach es igual a uno.

Líneas de Mach: Es el limite de propagación de las ondas de Mach en la zona de acción con la zona de silencio formando el cono de Mach.

Líquido Comprimido: Es un líquido que esta bajo una presión mayor que la presión de saturación correspondiente a su temperatura.

Liquido Saturado: Cuando el fluido en estado liquido se encuentra a la presión y temperatura de saturación, es decir si le agregamos o retiramos cualquier cantidad de calor se convierte en vapor húmedo o liquido subenfriado.

Mantenimiento: Función que se efectúa en un ciclo de potencia cuyo objetivo es el vigilar que cada equipo que configura el ciclo funcione eficientemente y por lo tanto puede ser; preventivo o correctivo.

Maquinalidad: Es una propiedad que permite seleccionar el tipo de metal a usar para la fabricación de alabes fijos o móviles en turbinas de gas o vapor.

Masa: Ley de la conservación de la masa. Esta no se crea ni se destruye únicamente se transforma pero se mantiene constante.

Medio: Es el espacio fuera de la frontera del sistema que es afectado por la energía o masa transferida hacia

Numero de Mach: Es una relación entre la velocidad del fluido y la velocidad del sonido en ese medio. Importante para el diseño de pasaje de alabes y toberas.

Numero de Reynold: Es un parámetro de flujo importante y es una relación entre fuerzas inerciales con respecto a las fuerzas viscosas.

Obstrucción Térmica: Esto ocurre cuando el numero de Mach disminuye y el cambio de entropía es incrementado y cierta cantidad es añadida.

Onda de Choque: Cuando un fluido circula por algún conducto y este presenta una discontinuidad, el fluido experimentara un cambio en todas sus propiedades físicas y se producirá una onda de choque y este fenómeno puede ser: Normal, Débil, Fuerte y Oblicuo es analizarse en una, dos y tres dimensiones.

Onda Esférica: Esta formada por zona de silencio, localizada fuera del cono, dentro esta la zona de acción y donde se origina el fenómeno se le llama vértice.

Ondas de Mach: Propagación del disturbio dentro del cono de Mach.

Oxidación: Ataque o reacción química que provoca las sales depositadas por el vapor, en la superficie de los alabes en presencia del oxigeno, dióxido de carbono y elevadas temperaturas al acero.

Polución: Contaminación del agua por materia orgánica o por aguas residuales.

Potencia: Es el trabajo por unidad de tiempo.

Potencial Hidrogeno (PH): Es una escala convencional que nos sirve para determinar el estado de acidez o alcalinidad del agua, la escala es de 0→ 14; 0 a 7, agua ácida; de 7 a 14, agua alcalina; 7, agua neutra.

Presión: Fuerza aplicada por el sistema en un elemento infinitesimal de la superficie que limita al fluido dividido entre el área de tal elemento o bien es la fuerza ejercida por un fluido en una determinada superficie y puede ser: atmosférica, interna y absoluta.

Presión Atmosférica: Es la fuerza que ejercen los gases atmosféricos

Presión Interna: Es la registrada por un manómetro, ocasionada por la fuerza del fluido del interior hacia el exterior en una superficie determinada.

Primera Ley de la Termodinámica: Acorde a la primera ley de la Termodinámica, en un ciclo de potencia se suministra energía química → Energía Térmica → Energía Cinética, finalmente Trabajo; o bien la energía no se crea ni se destruye, únicamente se transforma o bien, el trabajo hecho en un proceso cíclico es igual al calor que se disipa. Esencialmente es la ley de la conservación de la materia.

Proceso de Difusión: Parámetro muy importante que debe estar presente al diseñar y ser muy cuidadoso al diseñar los pasajes de fluidos, para evitar choques de compresión y sus perdidas consecuentes.

Propiedad: Cualquier característica del sistema que pueda ser observada directa o indirectamente y que describa el estado Físico y Térmico, requiriendo dos o más propiedades independientes para fijar el estado de un sistema.

Punto Crítico: Es la condición de presión y temperatura en la cual un líquido no puede evaporarse a temperatura constante. En este punto el estado de vapor y líquido saturado coinciden.

Purga: Actividad que se efectúa en la caldera para eliminar los sólidos disueltos y evitar incrustaciones y la oxidación puede ser de dos tipos; de fondo y de superficie.

Regeneración: Proceso o actividad que se efectúa en un suavizador para quitar los iones de Ca y Mg depositados en la zeolita y reintegrarle los iones de Na, es decir, agregar agua salada o salmuera que es rica en Na a la zeolita.

Resistencia: Propiedad que tiene el metal con alguna aleación principalmente con cromo para resistir esfuerzos alternos positivos y negativos y evitar así que la falla por fatiga no ocurra.

Revestimiento: Son las aleaciones aplicadas a los álabes para mejorar sus propiedades optimas de fabricación con respecto a soportar máximas temperaturas y más resistentes a la corrosión y se puede aplicar de dos formas: Difusión y Sobrecapa.

Revestimiento de Difusión: Aleación agregada a la superficie metálica del álabe y esparcidos hasta una profundidad de 2 milésimas.

Revestimiento de Sobrecapa: Cuando la aleación se aplica uniformemente en toda la superficie del álabe o aspa.

Segunda Ley de la Termodinámica: Ningún sistema puede efectuar un ciclo completo y producir un trabajo neto sin que, al mismo tiempo verifique un intercambio de calor con un deposito simple que lo suministre y se encuentre a una temperatura uniforme.

Simétrico: Cuando los ángulos de entrada y salida del alabe son iguales. En la turbina significa que esta se compone del mismo numero de alabes de impulso y reacción.

Sistema: Es una región o espacio dentro de una superficie o frontera especificada, que puede ser real o imaginaria, fija o variable. Puede ser:

a) Cerrado, en el cual la masa es constante.
b) Abierto, en el cual la masa puede entrar y salir del sistema.

Sistema Termodinámico: Es cualquier cantidad de materia o región de un espacio, cuya atención es directamente por propósitos de análisis. La materia o espacio deben estar dentro de una frontera; las masa puede salir o entrar; la frontera puede disminuir o incrementarse. El sistema puede ser abierto, no tiene frontera, hay transferencia de masa. Sistema Cerrado; hay una frontera y la masa en el sistema es constante.

Temperatura: Determina el nivel térmico del fluido. Para medirla, algún dispositivo calibrador debe quedar un equilibrio térmico con el sistema; esto ocasiona un determinado tiempo para obtener una medida exacta de ella; consecuentemente,

un sistema que presente cambios térmicos (rápidos) en sus niveles, para medirla exactamente es extremadamente difícil.

Temperatura de Saturación: Es la temperatura que tiene el vapor durante la evaporación. Para cualquier fluido, a cada presión solamente hay una temperatura de evaporación.

Tensión Térmica: Cuando el material (álabe) se someta a elevados cambios de temperatura, provocando un desmoronamiento del revestimiento pudiendo llevarlo a una fatiga térmica.

Termodinámica: Es la ciencia relacionada con transformaciones de energía, incluyendo calor y trabajo y las propiedades físicas de las substancias que son involucradas en tales transformaciones de energía.

Termofluencia: Es una propiedad física del material del alabeado; siendo un problema serio en las turbinas donde los metales son sometidos a temperaturas tan elevadas y los claros entre las partes fijas y móviles deben mantenerse, tal que, deben vigilarse muy cuidadosamente los planes cristalográficos de la combinación de cristales individuales, con cierta cantidad de fluido y el limite del grano del material para que este se comporte como una sustancia elástica.

Tobera: Es un pasaje estacionario en la turbina de impulso, que puede ser uno o varios pasajes estacionarios. Sirven para expansionar el vapor de una baja a una alta velocidad y de una alta a una baja presión. Efectuar un cambio de energía, de térmica a cinética; además le da una dirección al vapor hacia el álabe.

Trabajo: Energía que esta siendo transferida a través de las fronteras del sistema ocasionado por una fuerza que esta actuando a una distancia.

Trabajo: Energía que esta siendo transferida a través de la frontera de un sistema porque existe una diferencia de temperatura.

Tratamiento al Agua: Distintos procesos físicos, químicos y térmicos a los que es sometida el agua para que tenga las características idóneas para su consumo y uso tanto domestico, comercial como en centrales térmicas.

Válvula de Paro: Esta localizada en la línea de suministro de vapor a la turbina, es operada hidráulicamente. Es una válvula diseñada para abrir y cortar rápidamente, puede ser totalmente abierta o cerrada.

Vapor Húmedo: Podemos decir que es una energía mecánica de partes de vapor saturado y seco y (1-x) partes de es la calidad del liquido que lo contiene, equivale a un gramo por cada metro cubico o bien un miligramo por cada litro. Se determina por medio de un conductímetro siendo su equivalente un micro des sólidos totales disueltos. El objetivo de obtener las p.p.m. es conocer el total de sólidos disueltos en el agua.

Vapor Saturado: Es un vapor libre de humedad a la temperatura de saturación; es decir, si le agregamos calor, pasa a ser vapor sobrecalentado y si le retiramos calor se convierte en vapor con calidad, esta es la frontera de ambos.

Vapor Sobrecalentado: Es un vapor que se encuentra a una temperatura mayor que la temperatura de saturación del vapor a una determinada presión.

Velocidad: Desplazamiento del fluido y esta determinada por el numero de Mach que puede ser menor que uno, subsónica; mayor que uno, supersónica; igual a uno, sónica o critica.

Velocidad Sónica: Cuando el fluido se desplaza a la velocidad del sonido y se logra cuando se logra la presión critica.

Vibración de Resonancia: Es un fenómeno físico que ocurre al existir irregularidades al paso del fluido, provocando asimetría en los conductos estacionarios, disturbio en los alabes estacionarios, irregularidades en la distribución de la presión radial, choques y reacción parcial. Estos disturbios son provocados también por el alambre que se usa para refuerzo del alabeado.

Volumen Especifico: Es el espacio ocupado por una unidad de masa del sistema.

Zeolita: Es una sal que se deposita en el tanque suavizador y ocupa aproximadamente 2/3 partes del volumen para quitarle la dureza al agua.

BIBLIOGRAFIA

Capitulo 2.

1. Keenan, J. H., and J. Kaye: "Gas Table"., John Wiley & Sons, Inc., New York, 1948
2. Liepmann, H.W. and A.E. Puckett: "Aerodynamics of a Compressible Fluid", John Wiley & Sons, Inc., New York, 1947.
3. Sibert, H.W. : "High-speed Aerodynamics", Prentice-Hall, Inc., New York, 1948.

Capitulo 3.

1. Church, E.F. : "Steam Turbines", Mc. Graw Hill Book Company, Inc., New York, 1950.
2. Heinze, F.J. : Thermodynamics and Turbine Design, Westinghouse Lectures, 1948.
3. Stodola, A., and L.C. Lowenstein: "Steam and Gas Turbines", Mc. Graw Hill Book Company, Inc., New York, 1927.
4. Wislicenus, G.F. : "Fluid Mechanics of Turbo Machinery", Mc. Graw Hill Book Company, Inc., New York, 1947.

Capitulo 4.

1. Barrett, C.S. : "Sctructure of Metals", Mc. Graw Hill Book Company, Inc., New York, 1952.
2. Church, E.F. : "Steam Turbines", Mc. Graw Hill Book Company, Inc., New York, 1950.
3. Den Hartog, J.P. "Mechanical Vibrations", Mc. Graw Hill Book Company, Inc., New York, 1947.
4. "Gas Turbine Lectures", Westinghouse Electric Corporation, 1944.
5. Heinze, F.J. : Thermodynamics and Turbine Design, Westinghouse Lectures, 1948.
6. Kearton, W.J. : "Steam Turbine Theory and Practices", Pitman Publishing Corp., New York, 1948.
7. Kroon, R.P. : Turbine Blade Fatigue Testing, Mech Eng. July, 1940.
8. Kroon, R.P. : Influence of Lashing and Centrifugal Force on Turbine Blade Stresses, Trans. ASME, 1934.
9. Martin, H.M. : "Design and Construction of Steam Turbines", Longmans, Green & Co., Inc. New York, 1913.
10. "Stationery Steam Turbines ", Socony Vacuum Oil Company, 1949.
11. Stodola, A., and L. C. Loewenstein: "Steam and Gas Turbines", Mc. Graw Hill Book Company, Inc., New York, 1927.

Capitulo 5.

1. Evans, C.T. : Materials for Power Gas Turbines, Trans. ASME, 1947.
2. Evans, C.T. : High Temperature Alloys for Dynamic Loading, Iron Age, June, 1944.
3. Rieger, N.F. : Blade and Rotor Reliability Improvement. STI/EPRI seminar, Rochester, New York, June 1991.
4. Campbell, W. : The protection of Steam Turbine Disc. Wheels from Axial Vibration. ASME Trans. 1924, Vol. 46.

Capitulo 6.

4. Hussein F. y Tabakoff W., Calculation of Particle Trajectories in Stationary Two Dimension Cascade, Project Themis Report N° 72-27, University of Cincinati.
5. Hussein F. y Tabakoff W., Calculation of the Three Dimensional Particle Trajectories in a Turbine Stage, Project Themis Report N° 27-33, 1972, University of Cincinati.
6. Del Angel F. MarioC, et al. Auditorias Técnicas para evaluar la Eficiencia y Potencia de Turbinas de Vapor y su Importancia en los Costos de Mantenimiento, VI Congreso y Exposición Latinoamericana de Turbomáquinas, 1997, México, D.F.
7. Summer W.J. et al, Reducing Solid Particle Erosion Damage in Large Steam Turbines, GE Power Systems, GER-3478A, GE Turbine Reference Library.
8. Hussein F. y Tabakoff W., Calculation of Particle Trajectories in Stationary Two Dimension Cascade, Project Themis Report N° 72-27, University of Cincinati.
9. Hussein F. y Tabakoff W., Calculation of the Three Dimensional Particle Trajectories in a Turbine Stage, Project Themis Report N° 27-33, 1972, University of Cincinati.
10. Del Angel F. MarioC, et al. Auditorias Técnicas para evaluar la Eficiencia y Potencia de Turbinas de Vapor y su Importancia en los Costos de Mantenimiento, VI Congreso y Exposición Latinoamericana de Turbomáquinas, 1997, México, D.F.
11. Summer W.J. et al, Reducing Solid Particle Erosion Damage in Large Steam Turbines, GE Power Systems, GER-3478A, GE Turbine Reference Library.

Capitulo 6.7.4

1. Hussein F. y Tabakoff W., Calculation of Particle Trajectories in Stationary Two Dimension Cascade, Project Themis Report N° 72-27, University of Cincinati.
2. Hussein F. y Tabakoff W., Calculation of the Three Dimensional Particle Trajectories in a Turbine Stage, Project Themis Report N° 27-33, 1972, University of Cincinati.
3. Del Angel F. Mario C, et al. Auditorias Técnicas para evaluar la Eficiencia y Potencia de Turbinas de Vapor y su Importancia en los Costos de Mantenimiento, VI Congreso y Exposición Latinoamericana de Turbomáquinas, 1997, México, D.F.
4. Summer W.J. et al, Reducing Solid Particle Erosion Damage in Large Steam Turbines, GE Power Systems, GER-3478A, GE Turbine Reference Library.

Capitulo 6.2.12

1. Villegas Gómez Martín, Cristalinas Navarro Víctor. "Análisis de la Disminución de Eficiencia y Potencia antes de los Trabajos de Mantenimiento de la Turbina de Vapor, Sección de Presión alta e Intermedia", Unidad 2, Mitsubishi, de 300 MW, de la C.T. Río Escondido, Reporte Interno IIE/43/2827/I/189/P, Noviembre 1997.
2. E. Blazco, M. Villegas Gómez. "Designaciones Aplicadas en el Programa Turb-88", Reporte Interno IIE/43/2475/90. Agosto 1990.

Capitulo 6.10.9

1. Langston, L.S., "Crossflows in a Turbina Cascade Passage", Trans. Of the ASME. Journal of Engeneering for Power, Octubre 1980, Vol. 102.
2. Sieverding, C.H., "Recent Progress in the Understanding of Basic Aspects of Secondary Flows in Turbine Blade Passages", Trans. Of ASME. Journal of Eng. Paper 24-gt-1984.
3. Smith, L.H. Jr., "The Radial-Equilibrium Equation of Turbomachiney", Trans. Of ASME. Journal of Engineering of Power, Enero 1966.
4. Novak, R.A., "Streamline Curvature Computing Procedures for Fluid-Flow Problems", Trans. Of ASME. Journal of Eng. For Power, Octubre 1967.

Capitulo 6.11.7

1. Z. Mazur, V. Cristalinas, J. Kubiak, J. M. Muñoz, y A. Carnero (1991), "Repair of nozzle block and diaphragm vanes of a steam turbine damage by solid particle erosion", ASME International Joint Power Generation Conference, San Diego CA, USA.
2. J. Kubiak, F. del Angel, A. Carnero, A. Campos, G. Urquiza, C. Mariño y M. Villegas (1996), "Advanced Method for Turbine Steam Path Deterioration & Performance Analysis", ASME International Joint Power Generation Conference, Huston TX, USA.

AUTOBIOGRAFIA

Nombre: Eulalio Rodríguez Ibarra.

Candidato a obtener el grado de: Maestro En Ciencias De La Ingeniería Mecánica Con Especialidad En Térmica y Fluidos.

Titulo de la tesis: Análisis Termodinámica Del Alabe
Nivel de estudios: Licenciatura.

Titulo profesional: Ingeniero Mecánico Electricista
Fecha: 30 de Julio de 1975
Institución: Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Lugar y fecha de nacimiento: Torreón, Coah., 27 de Junio de 1948.

Nombre de mis padre: Sr. Eulalio Rodríguez Acosta (+) / Sra. Antonia Ibarra Coronado de Rodríguez (+).

Actividades profesionales: Catedrático en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, del 15 de Marzo de 1972 a la Fecha.
Area: Coordinación de Térmica y Fluidos