



CAMBIO DE CORONA Y PIÑÓN

Sistema de Elevación del Pórtico de Emergencia de la Central Hidroeléctrica Yacyretá.

Autor: Juan López Arce

Empresa: Entidad Binacional Yacyretá

País: Paraguay

RESUMEN

La Grúa Pórtico de Emergencia de la Central Yacyretá, fue diseñada para operar en las situaciones extremas, que requieran la parada inmediata de cualquiera de las Unidades Hidrogeneradoras.

En la situación especial de terminación por etapas de la Obra; transcurridos desde el cierre y acumulación paulatina de agua para el embalse hasta la entrada en operación de las veinte unidades, su utilización ha sido atípica, continua y sistemática hasta el día de la fecha, posibilitando la parada y puesta en marcha nuevamente de las mismas.

Los equipos del sistema, ya han estado en uso antes de la operación comercial del año 1994 y no se han introducido cambios; en general continuaron operando tal como fueron diseñados originalmente.

Debido justamente al intenso uso, fue necesario realizar un control exhaustivo sobre los tres guinches del sistema de elevación, arrojando las siguientes medidas correctivas: el cambio de la corona y el piñón, el mantenimiento general a la caja reductora y el cambio de los cables de acero.

El sistema es de vital importancia técnica en el funcionamiento de la Central Yacyretá, permitiendo las paradas para: la revisión del (generador, sistema de excitación, distribuidor de aceite del cabezal Kaplan, sistema de frenado del generador.etc); los mantenimientos de parada programada (pre-distribuidor, distribuidor, turbina, mecanismo de accionamiento alabes, regulador de velocidad, etc); así como las intervenciones intempestivas y de urgencia, sobre los anteriormente citados; interviene en la seguridad y el control de última ratio sobre la generación, entre otras aplicaciones. Este trabajo describe el cambio de la corona, el piñón y los cables de acero del sistema de elevación del Pórtico de Emergencia de la Central Hidroeléctrica Yacyretá, por elementos nuevos.

PALABRAS CLAVES

Sistema de elevación, cambio de corona, piñón y cables de acero, mantenimiento general de la caja reductora.

*Juan López Arce-juan.lopez@eby.gov.py



1. INTRODUCCION

En otras centrales es común ver; antecediendo a la Cámara espiral, algún dispositivo previo de control (compuertas, válvula mariposa, válvula tipo esclusa, etc.), sobre el flujo de agua que ingresa del embalse a la máquina.

En nuestras instalaciones el acceso del agua de embalse lo hace directamente a la Cámara espiral, de ahí al pre-distribuidor, pasa por el distribuidor y va al encuentro de la turbina y finalmente hacia la descarga y restitución a su cauce.

El regulador de velocidad de la turbina, cuenta con un dispositivo de emergencia, que actúa sobre las paletas del distribuidor, cerrándola en tan solo 6 segundos; ante la ocurrencia de algún evento que amerite la parada intempestiva, percibido por los sensores (predeterminados: de los sistemas de protección provenientes del generador, de la turbina o algunos equipos accesorios de los mismos).

El Pórtico de Emergencia es un sistema auxiliar, independiente y autónomo de la generación, con su juego de tres compuertas, es la última encargada de dar cuenta sobre el ingreso de agua ante la pérdida del control de velocidad de la turbina.

El trabajo más importante, fundamental (pero de una eventualidad muy grande) de este sistema de cierre, es de dominar la fuerza hidráulica, dar cuenta acabadamente de la entrada de agua al recinto de la Cámara Espiral y suplir momentáneamente al descontrol del regulador de velocidad ante la imposibilidad del cierre del distribuidor y consecuente embalamiento de la turbina.

Igualmente todas y cualquiera de las otras actividades accesorias diferentes cumplidas por el Pórtico de Emergencia, de importancia muy alta y de cumplimiento cotidiano y continuo lo llevaron a lo largo de estos años al deterioro de sus elementos constitutivos sin cumplir hasta el momento el rol antes mencionado, para lo cual fue concebido.

Cabe destacar que el papel que cumple y la seguridad que imprime a las paradas e intervenciones sobre la unidad, han hecho que sea un elemento indispensable en los trabajos realizados.

Debido al excesivo ruido y vibraciones encontradas sobre el tren de mecanismos de elevación (conjunto: motor, frenos, caja reductora, piñón, corona, tambor, poleas etc.) se realizaron diversas mediciones e inspección sobre los mismos. Las vibraciones encontradas, nos informaron que estaban fuera de rango, para equipos de elevación. En la inspección verificamos el desgaste característico de los dientes sobre las áreas de contacto, pero lo más llamativo eran las deformaciones de los dientes. Todo esto ocasionaba un excesivo huelgo en el área de contacto motivando el ruido y la vibración que iban en aumento. Por la boca de inspección tuvimos acceso a la caja reductora, y observamos que los engranajes presentaban una superficie más reluciente en el área de contacto y no se observaron desgastes.

Otro elemento importante de este sistema de elevación y en franco deterioro observado, eran los cables de acero que presentaban un ensortijamiento en varios trechos, a una distancia de 10 m. de los tambores y amarres, con inicio de rotura de las hebras de acero. Por la seguridad y que pueda seguir operando como Pórtico de Emergencia fue necesario el cambio inmediato de estos elementos: corona piñón, cables de acero, rodamientos, retenes y sellos de todas las poleas, control de los ejes de las poleas, etc.

*Juan López Arce-juan.lopez@eby.gov.py

2. SITUACIÓN Y DATOS CARACTERÍSTICOS

2.1 Grúa Pórtico de Emergencia

Está ubicada en la Toma de Agua a cota: 86 m. s. n. m con posibilidad de trasladarse por vías de trocha especial de 6,6m.; desde la unidad hidrogeneradora N° 01 hasta la 20(longitud de rieles = 765,6m.).

La grúa está construida de chapa de acero estructural según Norma IRAM 503 F-24

Está conformada por estructuras tipo cajón, las cuatro patas unidas en su parte inferior por dos vigas principales y dos vigas testeras, al igual que en su parte superior, además con vigas de refuerzos centrales sobre las cuales van aplicadas las tres perchas de elevación.

Es una superestructura en pórtico de unos 35m.de largo por 6,6m.de ancho y 28,00m.de altura.

Está diseñada y calculada para resistir los máximos esfuerzos de flexión, corte y torsión.

La traslación tiene un sistema tipo: A4 de CMAA, con motor, reductor y freno independientes, accionando 4 de las 16 ruedas.

La velocidad de desplazamiento (de variación continua): De aproximación (lenta).

De régimen (máxima velocidad: 70m/min.)

En lo alto está ubicada la sala de máquinas, cada guinche está preparado, ajustado y alineado en los talleres de la contratista, para luego ser montadas en bloques, en la última etapa del montaje.

Dispone el conjunto de tres guinches de 175tn.= total 525tn.

Las velocidades del izaje son: Principal normal = 2,2 m/min.

Principal emergencia = 5,3 m/min.

Cada guinche ha sido provisto de una percha, con dos pastecas y cada una de ellas tiene un ojal, con una capacidad de izaje de 87,5 tn.

El servicio principal de la grúa pórtico para cierre de emergencia como dijimos en el inicio, es la colocación y operación simultánea de 3 compuertas de emergencia para el cierre (eventual) de los pasajes de toma de una unidad en el caso del embalamiento de una turbina.

También, es usada para el cierre ocasional, no urgente (realmente de uso habitual), de un pasaje o de todos de la toma sin circulación de corriente u otras actividades de manipulación de compuertas.

Construida según norma de diseño: CMAA- N° 70/1988 y clase: A2- "Uso poco frecuente". La alimentación es de: 380 V, 50Hz.

Para su funcionamiento autónomo también dispone de un grupo diesel de emergencia, ante la ausencia eventual de energía de alimentación de la red existente.

2.2 Compuertas

Colgados por cada guinche van tres compuertas, de 175 tn. cada una, para el cierre de cada uno de los tres vanos de entrada de agua a la Toma, que pueden erogar un caudal mínimo de 376 m³/s a 830 m³/s regulados por la apertura del distribuidor. Las compuertas, provistas con ruedas en las laterales que se deslizan sobre una pista, con su respectivo cuadro de sello, con goma plana en el inferior y en el restante (laterales y superior) con goma tipo nota musical. Las cuerdas de refuerzos las tiene hacia aguas abajo, el escudo por tanto hacia aguas arriba.

*Juan López Arce-juan.lopez@eby.gov.py

Las perchas están provistas de un mecanismo para el enganche/desenganche de las compuertas, dependiendo que maniobra se quiera realizar.

3. CAMBIO DE CABLES DE ACERO

3.1 Tipo de cable

El Tipo de cable [1] especificado, es una de acero 6x37 con alma de acero de 28 mm. de diámetro.

3.2 Diagnóstico

Conforme a las instrucciones de Mantenimiento Mecánico [2] para la retirada de servicio de los cables se ha verificado la deformación y el ensortijamiento así como el crecimiento en el tiempo de estos defectos.

También se ha verificado alambres rotos superior a 30 en una longitud de 6 veces el diámetro del cable (28mm.).

Las grapas de los cables en los tambores, estaban adecuadamente apretadas y fijas.

Los cables dañados tuvieron muy poca incidencia alrededor de las poleas y en las gargantas ya que estaban en el extremo superior próximos (8,50m) al amarre de remate.

3.3 Manejo de cables y cambio

Se procedió al desmontaje primeramente sobre el guinche N° 01.

Este mecanismo ha sido provisto de una percha, de dos pastecas, cada una de ellas tiene un ojal, con una capacidad de izaje de 87.5 tn., ínterin se realiza también el mantenimiento completo de la percha N° 01 del sistema de izaje : control de los ejes, pastecas, poleas y cambio de los rodamientos y retenes.

Con la percha en posición de mantenimiento (cota: 86 m.s.n.m) y desmontadas las pastecas, se soltaron de los amarres de remates (cota: 114 m.s.n.m) en uno de los extremos del cable (polea de re-envío) y con la ayuda de aparejo eléctrico se procedió al desenhebrado de las pastecas de la percha y de la polea de re-envío, aprovechando el giro del tambor se retiró del mismo, también con la ayuda de carretes y tablones de madera dispuestos en el piso de cemento de la cota 86.00 m.s.n.m. y seguidamente fue enrollado en un carretel y llevado a los depósitos de rezagos y usados del almacén.

En estas condiciones, libre el tambor; se procedió al desmontaje de la caja reductora, piñón y corona y llevados a los talleres (Trater), concesionarios del fabricante, IMPSA. (Córdoba-Argentina), para el mantenimiento y cambios respectivos.

Como se tiene un único Pórtico de Emergencia en guardia, era necesario el restablecimiento de la guardia.

*Juan López Arce-juan.lopez@eby.gov.py



Existen dos Pórticos Auxiliares, de un tercio de la capacidad del de Emergencia, cada una y con el auxilio de uno de ellos se puede parcialmente completar y restablecer la guardia.

Quedando por tanto con dos compuertas colgadas por el Pórtico de Emergencias y una por el Pórtico Auxiliar, restablecida así parcialmente el servicio de guardia de emergencia. Una vez restablecidos la caja reductora, con el mantenimiento realizado; el piñón (nuevo) y la corona (nueva), está preparada nuevamente para el montaje del cable.

Se extrajo el cable nuevo, provisto en un carrete, pasando un eje a través del mismo y girándolo sobre dos caballetes, permitiendo que el cable desenrolle sus 840 m. en forma natural guiadas en carretes de madera y sobre tablonos evitando: trenzas o distorsiones por malos tratos, así como cortes o desgastes en el alambre por su contacto con el piso de cemento de la toma. Se procedió al corte del cable en dos pedazos de 420 m. cada uno, engrapado de uno de los extremos en el tambor para las dos piernas respectivas y enrollado posterior, luego se procede al enhebrado del otro extremo en la pasteca y en la polea del re-envío y amarre de remate nuevamente de este extremo.

El mismo procedimiento será realizado para los guinches N° 02 y 03.

4. CAMBIO DE CORONA Y PIÑÓN

4.1 Mecanismos de izaje

Los mecanismos de izaje principal independientes, constan de un motor, dos frenos electromagnéticos, dos frenos de corrientes parásitas con alternador de emergencia, un reductor y un conjunto piñón-corona. De acuerdo al Manual de Operación y Mantenimiento del Pórtico [3]. El piñón [4], construido en Acero forjado DIN 21NiCrMo2 - con proceso de **cementación gaseosa**, Temple y revenido - Dureza superficial **58/62 HRC**.- Espesor de Capa Efectiva: 2,5 mm (Mín) **Dentado Rectificado** Calidad DIN 6 – AGMA 12.-

La corona [5], construida en Acero forjado DIN 42CrMo4V - Con Tratamiento **Térmico de temple por inducción** del dentado.- Dureza superficial **54/56 HRC**.- Espesor de Capa Efectiva: 2,5 mm (Mín)

Dentado Rectificado Calidad DIN 6 – AGMA 12.-

La corona de este mecanismo va montada en la envolvente del tambor.

4.2 Antecedentes

Debido al régimen de trabajo de terminación por etapas sucesivas de las obras complementarias necesarias, se procedió al llenado controlado del embalse desde cota: 76 m.s.n.m (inicio de operación comercial en el año 1994) hasta la cota actual: 80 m.s.n.m. y con meta de alcanzar la cota nominal de 83,00 m.s.n.m.

*Juan López Arce-juan.lopez@eby.gov.py

Las unidades para su retorno al servicio después de una parada de revisión, mantenimiento o de lo que fuere y que necesite el llenado de la cámara espiral y la ecualización de presiones en la compuerta para su posterior retirada, se procede al llenado de la máquina desde aguas abajo, hasta llegar a la cota 60 m.s.n.m., en esta etapa se pueden retirar las ataguías colocadas en la descarga.

Seguidamente se cierra del distribuidor y se aplican el sello de mantenimiento y el del eje, a partir de ahí se completa el llenado de la cámara desde la válvula de llenado de la toma de agua ubicada en la cota: 76,5 m.s.n.m hasta la cota: 80,00 m.s.n.m, ecualizándose las presiones para retirada de la compuerta y las ataguías de la toma. Inicialmente cuando partimos en la cota: 76 m.s.n.m., no se podía utilizar esta válvula de llenado porque se encontraba fuera del agua, ante esta situación el llenado que se hacía de la Cámara espiral era parcial, había un desnivel de 16 m de columna de agua entre el agua del embalse y la cámara espiral y contra esa diferencia de presión se procedía al retiro de la compuerta. Como se tenía la actuación de la protección de sobrecarga se procedía a puentear la misma hasta conseguir despegar la compuerta del fondo y terminar por llenar la cámara espiral hasta nivelar con el embalse.

Últimamente debido a las vibraciones encontradas y medidas, nos informaron que estaban fuera de rango, para equipos de elevación. En la inspección verificamos el desgaste característico de los dientes sobre las áreas de contacto, pero lo más llamativo eran las deformaciones de los dientes. Todo esto nos hace pensar tal vez, en un deficiente tratamiento superficial de los dientes de los engranajes del piñón y la corona. Era urgente la intervención y el cambio de estas piezas.

4.3 Desmontaje de caja reductor, piñón y corona.

Se desmontan la caja reductora, el piñón y la corona del extremo del tambor y es remitido a los talleres de una firma concesionaria (Tra.Ter) del contratista original (IMPSA) a la ciudad de Córdoba –Argentina, para la revisión y el mantenimiento general de la caja reductora. Los engranajes de la caja reductora no estaban resentidas ni desgastadas, razón por la cual proceden al cambio de los rodamientos y retenes en fabrica. El piñón y la corona están copiados y cambiados por nuevos con los tratamientos de endurecimientos conforme a la Norma AGMA y SAE para engranajes.

5. Conclusiones

La utilización en forma continuada así como los procedimientos indebidos de llenado de la cámara espiral, para el restablecimiento en servicio de las unidades hidrogeneradoras llevaron al desgaste y deformación acelerado de la corona y el piñón del sistema de elevación. El Pórtico de Emergencia fue concebido para un determinado trabajo específico que hoy por hoy ya no estaría en condiciones de cumplirlo acabadamente, a nuestro entender debería de contarse con otro Pórtico para esta finalidad. Y dejar esta para los servicios cotidianos de paradas y mantenimientos rutinarios.

*Juan López Arce-juan.lopez@eby.gov.py



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

BIBLIOGRAFIA

- [1] Industrias Pescarmona S.A., *Manual de Operación y Mantenimiento*. Cables. Córdoba, 1994. Pag. 4.4
- [2] Industrias Pescarmona S.A., *Manual de Operación y Mantenimiento*. Cables. Córdoba, 1994. Pag. 4.4.3
- [3] Industrias Pescarmona S.A., *Manual de Operación y Mantenimiento*. Engranajes. Córdoba, 1994. Pag. 2.1.7
- [4] Larbáburu Arrizabalaga, Nicolás. *Máquinas. Prontuario. Técnicas máquina herramientas*. Madrid: Editorial Paraninfo, 2006
- [5] Millán Gómez, Simón. *Procedimientos de Mecanizado*. Madrid: Editorial Paraninfo, 2006



Comité Nacional Paraguay



Unión de Ingenieros de ANDE

IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010



Comité Nacional Paraguay



Unión de Ingenieros de ANDE

IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010
