

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**“ESTUDIO DE COSTOS VARIABLES POR SÓLIDOS EN
SUSPENSION EN UNA CENTRAL HIDROELECTRICA
CON TURBINA PELTON”**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

WILSON ENRIQUE TORRES PESANTES

PROMOCIÓN 1982-I

LIMA – PERU

- 2006

TABLA DE CONTENIDO

PROLOGO	1
CAPITULO I	3
INTRODUCCION	3
1.1 Marco Legal y Regulatorio del Sistema Interconectado Nacional	3
1.2 Transacciones Comerciales en el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional	6
1.3 Diferencias costo marginal de una central térmica y central hidráulica	7
1.4 Objetivo del Informe	8
1.5 Alcance del Informe	9
CAPITULO II	10
CARACTERISTICAS GENERALES	10
2.1 Central Hidroeléctrica Cañón del Pato	10
2.2 Obras de Captación	14
2.2.1 Bocatoma Antigua	14
2.2.2 Bocatoma complementaria	15
2.2.3 Túnel Principal	15
2.2.4 Desarenados	16
2.3 Cámara de Distribución	17
2.4 Tuberías de Presión Verticales (Piques)	18
2.5 Grupo Generador	19
2.5.1 Turbinas Hidráulicas	19
2.5.2 Generadores	19
2.6 Subestación de Salida	20
2.6.1 Transformador de potencia (6 x 10)	20
2.6.2 Transformador de potencia (3 x 14)	21

CAPITULO III	22
CARACTERISTICAS DE SÓLIDOS EN SUSPENSION	22
3.1 Característica general de la cuenca del río Santa	22
3.2 Composición mineralógica de los sólidos en suspensión	23
3.3 Procedimiento de medición de la concentración de los sólidos en Suspensión	27
3.3.1 Muestreo	27
3.3.2 Análisis	29
3.3.3 Materiales y Equipos Utilizados	32
3.4 Estadística de concentración de sólidos	32
CAPITULO IV	37
ANALISIS DE COSTOS	37
4.1 Descripción de costos asociados al Proceso de Generación por sólidos en suspensión	37
4.2 Costos por pérdida de eficiencia	40
4.3 Costos por indisponibilidad de grupos generadores	42
4.4 Costos por reparación de rodetes, agujas, asientos y toberas	43
4.5 Proceso de desgaste y reparación de agujas, asientos y toberas	44
4.5.1 Proceso de desgaste	44
4.5.2 Proceso de reparación de asientos, agujas y toberas	47
4.6 Proceso de desgaste y reparación de rodetes	48
4.6.1 Proceso de desgaste en rodetes	48
4.6.2 Proceso de reparación de rodetes	51
CAPITULO V	56
EVALUACION DE COSTOS VARIABLES	56
5.1 Consideraciones generales de cálculo	56
5.2 Definición de parámetros para la evaluación	57
5.2.1 Periodo de evaluación	57
5.2.2 Tasa de retorno	58
5.2.3 Concentración de sólidos	58

5.2.4	Costos de cambios y reparación de agujas, asientos y toberas	59
5.3	Procedimiento de cálculo de costos variables	60
5.4	Obtención del costo variable óptimo	69
CAPITULO VI		71
ANALISIS DE LOS RESULTADOS		71
6.1	Impacto en los programas de despacho del Sistema Interconectado Nacional	71
6.2	Impacto económico en la empresa	74
6.3	Nuevas técnicas de recubrimiento y su aplicación	76
CONCLUSIONES		81
BIBLIOGRAFIA		84
PLANOS		85
APENDICES		

Para:

Mi Abuela Maria que educó a mi Padre ejemplo de abnegación y dedicación,

Mi Mamá Sofía que me enseñó a ser tenaz en el logro de objetivos,

Mi esposa Roxana ejemplo de amor y paciencia con mis hijos.

PROLOGO

En el presente informe se describe y desarrolla el procedimiento de medición y cálculo y seguido para determinar el costo variable asociada a la concentración de sólidos que se presentan en forma natural en el río Santa y que no depende de la operación de la Central Hidroeléctrica de Cañón del Pato, equipada con turbinas hidráulicas del tipo Pelton de eje horizontal y doble chorro.

En el primer capítulo nos enmarcaremos en la Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento que marca la pauta para la determinación de los costos marginales de corto plazo que rigen las transacciones comerciales entre generadores y son la base para la determinación de la tarifa en barra que luego sumado al peaje de transmisión se traslada a las empresas de distribución y con su valor agregado de éstas últimas llega a la tarifa a clientes regulados y libres del servicio eléctrico.

En el segundo capítulo se analiza las características técnicas del equipamiento principal de la Central y las características intrínsecas del agua de la cuenca del río Santa que se turbinan en la Central para identificar el proceso del desgaste del equipamiento de la Central, así como desarrollar el procedimiento para determinar la concentración de sólidos como la variable absoluta y común que afecta a los equipos hidráulicos en contacto con el agua turbinada.

En el tercer capítulo se analiza cualitativamente los costos que se incurren en la Central y el efecto del proceso de desgaste en su equipamiento, que debe posteriormente recuperarse a sus condiciones iniciales para poder brindar el servicio eléctrico en forma eficiente, debido a que si las reparaciones no son atendidas oportunamente en costo y tiempo, pueden ocasionar mayores daños para la Central y el Sistema Interconectado Nacional. Así mismo se describe y muestra vistas tanto del proceso de desgaste como del proceso de reparación del equipamiento principal.

En el cuarto capítulo desarrollamos el procedimiento de cálculo para la obtención del costo variable óptimo, mediante cálculos iterativos para diferentes concentraciones, diferentes condiciones de desgaste por acumulación de sólidos turbinados, los mismos que originan diferentes periodos de cambios de agujas, asientos y rodets. Luego de determinar el costo variable óptimo se evaluará el impacto en su aplicación para el Sistema Interconectado Nacional, en la empresa y su validez para otras condiciones de reparación y para otras Centrales.

En los planos y anexos se incluyen las tablas de los cálculos iterativos así como los procedimientos de reparación de rodets recomendados por los fabricantes y el empleado en la central para contribuir a difundir estas tecnologías en otras centrales hidroeléctricas del país.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 MARCO LEGAL Y REGULATORIO DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL.

Como antecedentes podemos indicar que hasta 1992 la gestión y suministro del servicio eléctrico se encontraba a cargo del Estado, y la inversión privada estaba excluida de participar en el desarrollo eléctrico del País. De otro lado las tarifas eléctricas se manejaban con criterios políticos y con tarifas inferiores a los costos de operación (39 % de los costos medios de operación) que originaron cuantiosas pérdidas en las empresas eléctricas y falta de recursos para expandir la frontera eléctrica (Coeficiente de electrificación 48.4% y pérdidas de energía en la distribución 21.8 %). Así también el personal al interior de las empresas era superior a sus necesidades operativas lo que se evidenciaba en una productividad bastante baja por trabajador 120 clientes/trabajador.

En este contexto se procedió a la reestructuración del sector eléctrico nacional, promoviendo la inversión privada en el sector, creando un marco regulador moderno en diversas materias como: la fijación de tarifas, el otorgamiento de concesiones, la prestación del servicio y la fiscalización de

los operadores mediante el Decreto Ley N° 25844 Ley de Concesiones Eléctricas del 19/11/1992 y su Reglamento (Decreto Supremo N° 009-93-EM) del 19/02/1993.

Con el nuevo marco legal se establece que las empresas del sector eléctrico pueden desarrollar sus operaciones en tres tipos de actividades: *Generación, Transmisión y Distribución.*

Generación

Cualquier operador puede instalar equipos de generación eléctrica, sin embargo para centrales mayores a 10 MW se requiere de una concesión otorgada por el Ministerio de Energía y Minas. Se dispone la formación de los Comités de Operación Económica del Sistema (COES), que agrupan a las empresas de generación y Transmisión, con la finalidad de coordinar la operación del Sistema Interconectado al mínimo costo, garantizando la seguridad del abastecimiento de energía eléctrica y el mejor aprovechamiento de los recursos energéticos, con independencia de la propiedad de las instalaciones y de los compromisos comerciales particulares.

En el COES del Sistema Interconectado Nacional (SINAC) agrupa a 15 empresas de generación: CAHUA (Emp. Gen. Eléctrica Cahua S.A.), ENERGIA PACASMAYO (Energía Pacasmayo S.R.L.), EDEGEL (EDEGEL S.A.A.), EEP SA (Emp. Eléctrica de Piura S.A.), EGASA (Emp. Gen. Eléctrica de Arequipa S.A.), EGEMSA (Emp. Gen. Eléctrica de

Machupicchu S.A.), EGESUR (Emp. Gen.Eléctrica del Sur S.A.), EGENOR (Duke Energy Egenor S. en C. por A.), ELECTROANDES (ELECTROANDES S.A.), ELECTROPERU (Emp. Electricidad del Perú S.A.), ENERSUR (Energía del Sur S.A.), SAN GABAN (Emp. Gen.Eléctrica San Gabán S.A.), SHOUGESA (Shougang Generación Eléctrica S.A.A.), TERMOSELVA (Termoselva S.R.L.) y SM CORONA.

La potencia instalada del Sistema Interconectado Nacional a Diciembre del 2005 fue de 4 789,56 MW, cuya demanda máxima de potencia fue de 3 305,01 MW (5.56 % de incremento respecto al 2004) y demanda de energía fue de 23 0001,48 Gwh (5.01% de crecimiento respecto al 2004).

Transmisión

Los operadores de sistemas de transmisión tienen como principal objetivo facilitar la transferencia de energía eléctrica desde los generadores a los clientes, cubriendo los costos de transmisión a través de un peaje por conexión que pagan los generadores.

El COES SINAC agrupa a 5 empresas de transmisión: ETESELVA (Eteselva S.R.L.), TRANSMANTARO (Consortio TransMantaro S.A.), REDESUR (Red Eléctrica del Sur S.A.), REP (Red de Energía del Perú S.A.), ISA PERU (Interconexión Eléctrica ISA Perú S.A.).

Distribución

Estos concesionarios de Distribución se obligan a prestar servicio eléctrico a quien lo requiera dentro de su área de concesión; para lo cual están obligados a establecer contratos con generadores que cubran sus demandas de potencia y energía, como mínimo durante los siguientes 24 meses. Requieren concesión cuando su potencia instalada de distribución sea mayor a 500 kW.

1.2 TRANSACCIONES COMERCIALES EN EL COMITÉ DE OPERACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL.

Con el nuevo marco legal se tiene que el mercado eléctrico nacional está compuesto por empresas generadoras que pueden vender electricidad a otros generadores a costo marginal de corto plazo, a empresas de distribución a precios regulados (tarifa en barra), o a clientes finales a precios libres.

Por su parte, las empresas de distribución compran energía de las empresas generadoras y la venden a clientes finales del servicio público de electricidad a precio regulado, cuya tarifa máxima la fija la Comisión de Tarifas Eléctricas, o a grandes clientes finales (Demanda mayor a 1000 kW) a precio libre. Ver esquema adjunto:

Tipos de Transacciones

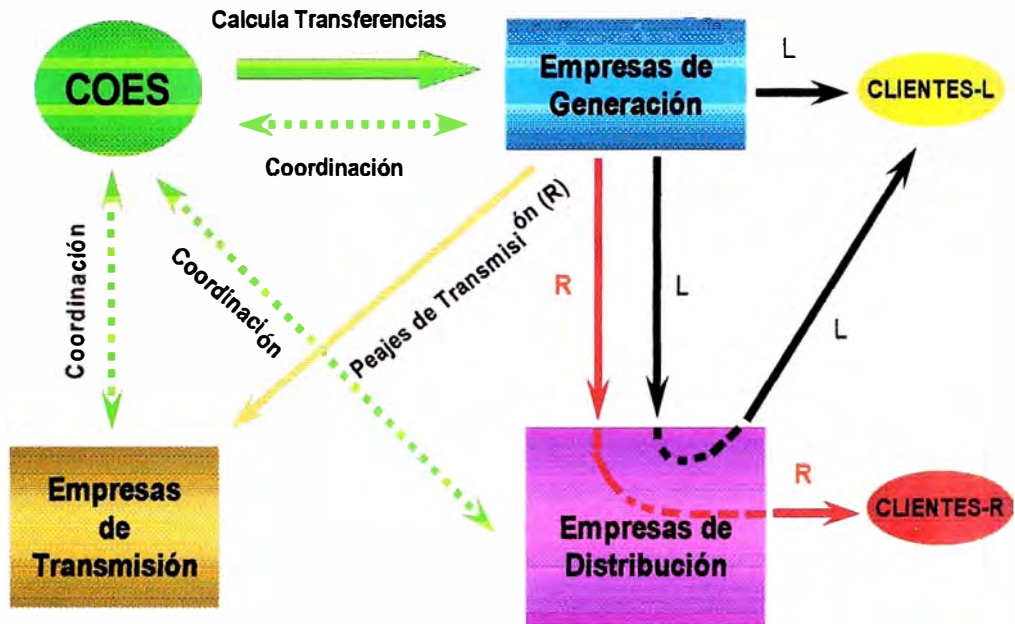


Fig. 1.1. Tipos de Transacciones

Fuente: COES SINAC.

1.3 DIFERENCIAS COSTO MARGINAL DE UNA CENTRAL TÉRMICA Y CENTRAL HIDRÁULICA.

Por definición de la Ley, el Costo Marginal de Corto Plazo, es el costo en que se incurre para producir una unidad adicional de energía o alternatively el ahorro obtenido al dejar de producir una unidad, considerando la demanda y el parque de generación disponible.

De acuerdo al artículo 106° del Reglamento se precisa que en caso de una central térmica el costo marginal no podrá ser en ningún caso inferior al costo

variable de dicha central, dicho costo tiene 2 componentes el costo variable combustible (función del costo de combustible y la eficiencia térmica de la unidad de generación) y el costo variable no combustible (función del costo total de mantenimiento anualizado de la energía generada en dicho período).

$$C_{mg} = CV = CVC + CVNC$$

$$C_{mg} = f(\text{combustible, eficiencia}) + f(\text{lubricante, repuestos}) / \text{energía}$$

Así mismo precisa que si se alcanzara en el sistema una condición de vertimiento, el costo marginal se determinará considerando únicamente la compensación a que se refiere el artículo 213° del Reglamento y el costo variable incurrido por presencia de sólidos en suspensión en el agua turbinada.

Se considera vertimiento cuando no existe en el sistema ninguna unidad termoeléctrica despachada y no tenga capacidad de almacenamiento disponible en los embalses y la unidad generadora asociada tenga capacidad de generación no utilizada.

$$C_{mg} = f(\text{Costo mantenimiento por sólidos en suspensión}) / \text{energía.}$$

1.4 OBJETIVO DEL INFORME.

Desarrollar el procedimiento y metodología de cálculo seguido para determinar el costo variable de generación (\$/MWh) que se incurre en la Central Hidroeléctrica de Cañón del Pato para una determinada concentración promedio diaria de sólidos en suspensión (gr/lt) presentes en el agua

turbinada dentro del marco de la Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento.

1.5 ALCANCE DEL INFORME.

Para la determinación del costo óptimo (menor costo) se analizará los procesos de reparación de los diferentes equipos hidráulicos que en contacto directo con el agua turbinada se encuentran sujetos a desgaste como son: Toberas, agujas, asientos y rodetes.

Así mismo se analizará comparativamente el impacto en los modelos de despacho del COES del Sistema Interconectado Nacional antes y después de aplicar el estudio de costo variable, así como el impacto económico en la gestión de operación y mantenimiento de la Central, y se mostrará vistas del proceso de aplicación de nuevas técnicas de recubrimientos cerámicos como la alternativa técnica futura de mayor resistencia al desgaste.

CAPITULO II

CARACTERISTICAS GENERALES

2.1 CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE CAÑÓN DEL PATO.

La Central Hidroeléctrica Cañón del Pato, está ubicada en el Departamento de Ancash, Provincia de Huaylas, Distrito de Huallanca, entre las coordenadas 9019 004 Norte, 189 258 Este, 9019 530 Norte y 189 280 Este, y entre las cotas 1400,00 a 1850,00 m.s.n.m. sus estructuras principales están en la margen derecha del Río Santa.

En el mes de Abril de 1958 inició sus operaciones la Central con la puesta en servicio de los dos primeros grupos constituyendo la primera etapa de 50 MW, en Setiembre de 1965 se pone en servicio la segunda etapa de 50 MW adicionales y finalmente en 1981 se concluye la tercera etapa completando los 150 MW, considerados en el diseño original y con este equipamiento hasta 1996 en que es transferida al sector privado por venta de sus acciones. Duke Energy Egenor en 1999 concluyó las obras correspondientes a su Plan de Expansión de 100 MW, basado fundamentalmente en la ampliación de la central hidroeléctrica Cañón del Pato, de 150 MW hasta una potencia efectiva actual de 263.49 MW.

La Central aprovecha las aguas del río Santa, el cual tiene una cuenca de captación de 4897 km² con caudales normales que varían desde 23 hasta 800 m³/seg. Además opera 4 embalses estacionales en las lagunas de Parón, Cullicocha, Aguashcocha y Rajucolta, que en conjunto aportan 70 millones de m³ en la periodo de estiaje, estos embalses se complementan con el reservorio de regulación horaria de San Diego, cuya capacidad es de 700,000 m³ y que acumula el agua proveniente de los embalses estacionales en las horas de mínima demanda para su descarga e incremento de potencia para las horas de máxima demanda del Sistema Interconectado.

Estos embalses constituyen un valioso aporte para incrementar la generación de la Central y son el soporte de la actividad agropecuaria de la provincia de Huaylas.

Su acceso a la Central es posible a través de las rutas Chimbote-Chuquicara-Huallanca con 136 km. de vía afirmada y la otra de vía plenamente asfaltada Pativilca-Huaráz-Caráz teniendo que extenderse 39 Km. desde Caráz para llegar a Huallanca.

A partir del mes de Julio del año 2003 Duke Energy Egenor certificó su Sistema de Gestión Integrado (SGI) en concordancia con los estándares de las normas voluntarias ISO 9001:2000, ISO 14001:1996 y OHSAS 18001:1999, donde incluye las operaciones de la Centrales Hidroeléctricas de Cañón del Pato y Carhuaquero además de las Centrales Térmicas de Chiclayo y Piura;

certificaciones que se ha mantenido en los años posteriores y que en Agosto del año 2006 aprobó la recertificación de las tres normas del Sistema de Gestión Integrado con la única variación en la versión de la ISO 14001:2004. Se adjunta un diagrama del esquema general de la Central

2.2 OBRAS DE CAPTACIÓN:

2.2.1 Bocatoma Antigua:

Consta de una presa de derivación, un canalón desempedrador con salida libre, que permite la caída de piedras que pueda arrastrar el río y la evacuación al exterior de las mismas. A continuación se encuentra la esclusa provista de dos compuertas accionadas hidráulicamente ambas del tipo vagón cuya finalidad es sedimentar los materiales gruesos (grava y arena) para eliminarlas a través del túnel de limpia, las partículas de menor granulometría que pasan y serán sedimentadas en el desarenador.

Paralelos al eje de la esclusa se encuentra las ventanas de captación, provisto de ocho pares de rejillas intercambiables que evitan el ingreso de los cuerpos flotantes.

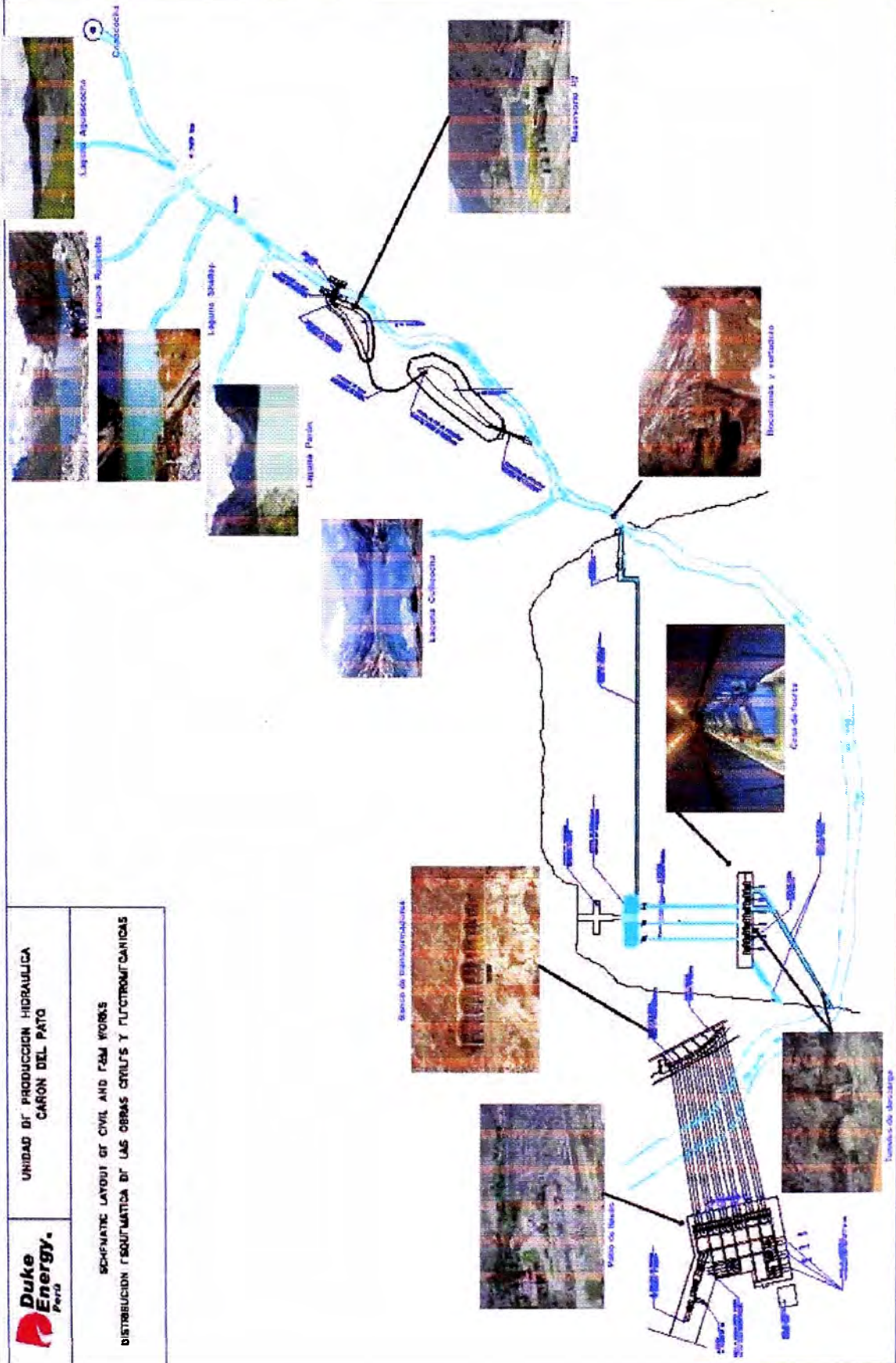
La ventana de captación se encuentra en el nivel 1803,90 msnm., es de 18,20 m de longitud y 3,70 m de alto dividido en cuatro secciones. Aguas abajo en dirección al desarenador existe la compuerta principal tipo vagón.

La presa de derivación es de concreto armado tipo gravedad con el paramento vertical aguas abajo de 31,00 m de longitud y cota 1807,65 m.s.n.m., su objetivo es desviar las aguas hacia la bocatoma.



UNIDAD DE PRODUCCION HIDRAULICA
CARON DEL PAYO

SCHEMATIC LAYOUT OF CIVIL AND F&M WORKS
DISTRIBUCION ESQUEMATICA DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS



2.2.2 **Bocatoma Complementaria:**

Ubicada a 55 m aguas arriba de la bocatoma antigua, consta de un vertedero de ingreso (cresta) al pozo de sedimentación, de 32,00 m de longitud, en la cota 1806,70 m.s.n.m. totalmente acorazado con planchas metálicas, a continuación del vertedero se encuentra el pozo de sedimentación con los muros laterales de encauzamiento y muros deflectores en el lado derecho e izquierdo.

Túnel de limpia de sedimentos, con 141,73 m de longitud, sección tipo baúl de 4,00 m de ancho y alto 6,25 m con paredes laterales (hastiales) acorazado con planchas metálicas hasta 4,00 m de alto. El túnel se inicia en la compuerta radial de limpia con radier en la cota 1792,00 msnm. Las ventanas de captación, en número de cuatro y de dimensiones 4,00 m de alto x 3,94 m de ancho (2) y de 4,00 m de alto x 4.31 m de ancho (2), cada ventana tiene doble rejilla metálica intercambiable que tiene por finalidad retener elementos plástico flotantes.

El túnel de aducción se inicia después de la compuerta principal tipo vagón con radier en la cota 1803,00 msnm., es de sección tipo baúl de 5,50 m de ancho y 8,75 m de alto, longitud 214,32 m, hasta su empalme con el túnel de la bocatoma antigua.

2.2.3 **Túnel Principal**

Tiene 9028,00 m. de longitud con dos tramos muy definidos:

Sector Bocatoma-Desarenador: Con 555 m de longitud de sección tipo baúl con piso de concreto, paredes y bóveda sin revestir, de conducción a pelo libre.

Sector Desarenador-Cámara de Distribución: Este tramo de 8390,00 m de longitud, de sección tipo herraje, está revestido totalmente de concreto armado cuyo diámetro en la parte circular tiene 5,40 m y 5,80 m de alto, el flujo del agua es a presión, cuenta con cinco (5) ventanas de inspección por las que eventualmente se efectúa purgas para eliminar sedimentos del túnel, el acceso a estas ventanas es mediante oroyas y caminos peatonales.

En el tramo final de 70.00m el túnel es de sección circular de 5.00m de diámetro con acorazamiento metálico hasta el empalme con la cámara de distribución.

2.2.4 Desarenados

Está construido en caverna, tipo Neyrpic, tiene 4 naves de 31 m. de longitud, 15.2 m. de altura, y 6.4 m. de ancho.

En el nivel inferior cada nave tiene entre 42 y 48 válvulas de purga de sedimentos. Se adjunta vistas de la disposición de una de las naves en ambos niveles:



Fig. 2.2. Nivel superior de naves



Fig. 2.3. Nivel inferior (válvulas de purga)

2.3 CÁMARA DE DISTRIBUCIÓN:

Construido en caverna y de forma perpendicular al túnel de sección circular con acorazamiento metálico de 5,00 m. de diámetro y 52,30 m. de longitud. De la cámara de distribución salen tres (03) piques, denominados pique 1, 2 y 3, que alimentan a los seis grupos de generación.

En el punto de intersección de la cámara de distribución con el túnel se encuentra la chimenea de equilibrio, que tiene 65,00 m de altura, sección

circular de 5,00 m de diámetro, revestido con plancha de acero. Así mismo tiene una cámara de expansión construida en caverna, cota 1814,731 msnm., tiene la forma de un cuadrado de 70,00 m de largo por 45,00 m de ancho, haciendo una longitud total de 230,00 m, sección tipo herraje de 5,40 m de diámetro, revestido en concreto.

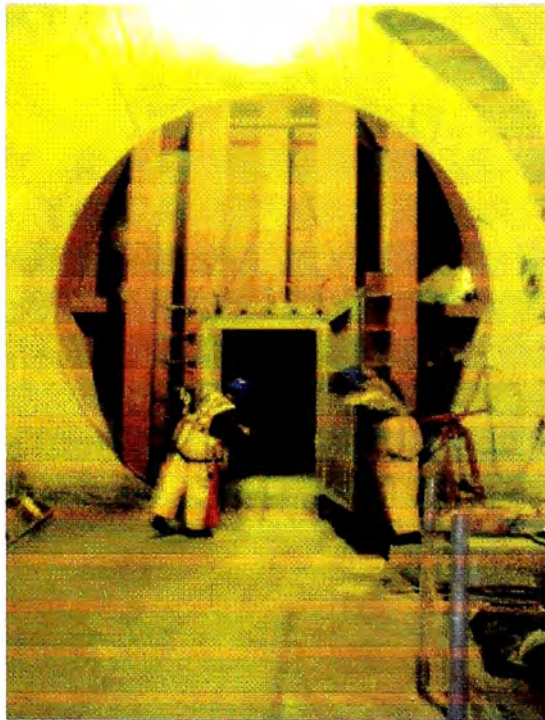


Fig. 2.4. Puerta ingreso mantenimiento cámara de distribución

2.4 TUBERÍAS DE PRESIÓN VERTICALES (PIQUES).

Los piques o tuberías de presión están empotrados en roca tienen una longitud de 433.6 m., de sección circular de diámetros variables de 2,20 m, 2.08 y 1,98 m, desde la parte superior a la inferior, el espacio entre la plancha y la roca ha sido rellenado con concreto.

Cada pique cuenta con una válvula mariposa de 2.10 m. de diámetro, de cada pique se bifurca en 2 ramales para la alimentación de cada unidad de generación y luego 2 ramales para cada turbina.

2.5 GRUPO GENERADOR

Cada unidad de generación está constituida por el conjunto de 1 generador y 2 turbinas hidráulicas tipo Pelton, cuyas características principales son:

2.5.1 Turbinas Hidráulicas:

Cantidad	:	12
Tipo	:	Pelton de 2 chorros
Configuración	:	Eje horizontal
Potencia nominal	:	20,3 MW aprox.
Altura nominal	:	398 m.
Caudal nominal	:	6.35 m ³ /seg.
Velocidad	:	360 rpm
Diámetro de paso del rodete	:	2 218,00 mm.
Rendimiento	:	1 112 m ³ /Mwh.

2.5.2 Generadores

Cantidad	:	6
Tipo	:	Síncrono W325/150/20
Configuración	:	Eje horizontal.
Potencia nominal	:	43,26 MVA.

Factor de potencia	:	0,95 inductivo
Voltaje nominal	:	13,80 Kv.
Corriente nominal	:	1 810 A
Nº de polos	:	20.
Nº de fases	:	3.
Frecuencia	:	60 Hz.
Velocidad nominal	:	360 rpm.
Tipo de excitación	:	Estática.
Voltaje nominal de excitación:		200 v.
Corriente nominal de excitación:		840 A.
Tipo de Enfriamiento	:	Aire a agua.

2.6 SUBESTACIÓN DE SALIDA.

La subestación de salida está conformado por transformadores de potencia monofásicos en dos configuraciones: Para las unidades 1, 2 y 3 bancos de 6 unidades dispuestos 2 en paralelo por cada fase de 10 MVA y para las unidades 4, 5 y 6 en bancos de 3 unidades dispuesto uno por fase de 14 MVA para cada unidad, cuyas características principales son:

2.6.1 Transformador de Potencia (6 x 10)

Cantidad	:	18.
Potencia nominal	:	10 MVA.
Relación de transformación	:	13,8 / 138 KV

2.6.2 Transformador de potencia (3 x 14)

Cantidad	:	9.
Potencia nominal	:	14,1 MVA.
Relación de transformación	:	13,8 / 138 KV.

CAPITULO III

CARACTERISTICAS DE SÓLIDOS EN SUSPENSION

3.1 CARACTERÍSTICA GENERAL DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA.

El cauce del río Santa desde su inicio en la Laguna de Conococha hasta las obras de captación recorre una distancia de aproximadamente 160 km. y es a lo largo de este recorrido que debido a la erosión de la cuenca se va produciendo transporte de sólidos en suspensión en el río.

La Central Hidroeléctrica de Cañón del Pato, desde el inicio de su operación siempre acusó en sus instalaciones los efectos de las altas concentraciones de sólidos en las aguas del río Santa en la estación de los meses de avenida (diciembre-abril) con un promedio diario entre 0,5 – 6 gr/lt (existen datos puntuales de hasta 30 gr/lt), que específicamente se manifiesta en el desgaste del equipamiento hidráulico en contacto con el agua, siendo los mas significativos el que se produce en los rodets, agujas y asientos, esto consecuentemente implica costos elevados de reparación de dichos equipos por el rellenado con soldadura inoxidable para recuperar su geometría original, por el tiempo empleado en su reparación y su frecuencia de cambio, lo cual determina un costo que asociado a la generación de energía, define lo

que llamaremos Costo Variable de Generación Hidráulica por presencia de sólidos en suspensión en el agua turbinada.

El caudal del río Santa se alimenta con el agua que baja desde los nevados y algunas lagunas por rebose, desde alturas entre los 4200 y 5000 msnm, por lo que llega casi siempre de un escurrimiento de carácter torrencial, dichas aguas erosionan ellas mismas su propio lecho y sus taludes, arrastrando en conjunto otras partículas sólidas que provienen también de erosión debida a fenómenos naturales, tales como el viento, la lluvia, la descomposición química de las rocas, los movimientos de los glaciares.

Esta cantidad de sólidos que así se genera es transportada en suspensión o arrastre por las aguas cuyo efecto directo en la Central es el desgaste por erosión de los elementos en que inciden, la disminución de este efecto pasa por la separación por decantación de estos sólidos, función que tratará de cumplir el desarenador, el cual está dimensionado de acuerdo a los aspectos económicos en su construcción, ya definidos desde su concepción.

3.2 COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE LOS SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN.

Los muestreos realizados a la arena depositada y que impacta en los equipos hidráulicos tienen un porcentaje elevado de cuarzo, que es un mineral de elevada dureza, a lo que se suma la velocidad de impacto y granulometría, ocasionando el desgaste de los elementos en contacto directo por erosión.

Considerando que el acero 13% Cr y 4 % Niquel que se usan en los rodets, agujas y asientos tiene una dureza Mohs 6 (menor al cuarzo), por lo que este proceso de desgaste no se puede eliminar y se debe gestionar su menor impacto en el Sistema Interconectado Nacional. Adjuntamos un cuadro resumen de los análisis realizados:

Tabla 3.1. Resumen de los análisis realizados

CONTENIDO MINERALOGICO DE SEDIMENTOS TURBINADOS		
MINERAL	PORCENTAJE	DUREZA MOHS
Cuarzo	55%	7
Plagioclasa	15%	6.5
Magnetita, Ortosa, Biotita, Hornablenda	30%	Menor que 6

ESCALA MOHS DE DUREZA	
NÚMERO	MATERIAL
1	Talco
2	Yeso
3	Calcita
4	Fluorita(espatoflúor)
5	Apatita
6	Feldespatos
7	Cuarzo
8	Topacio
9	Zafiro
10	Diamante

En cada uno de los puntos mencionados se toman cuatro muestras diarias; en Bocatoma a 00, 06, 12 y 18 horas, en agua turbinada después de 45 minutos por el tiempo estimado desde el ingreso a bocatoma, tránsito por desarenador, túnel principal, cámara de distribución, piques, turbina y descarga, es decir a las 00:45, 06:45, 12:45 y 18:45 horas. El equipo para tomar las muestras es un recipiente metálico de 1 litro de capacidad, no se usa clapé o turbisonda porque en los puntos de muestreo no es posible usar dichos equipos.

Luego la muestra se traslada a laboratorio para su análisis consistente en obtener el peso de los sólidos suspendidos en un determinado volumen de agua, y se expresa en concentración en unidades gramos/litro.



Fig. 3.6 Ventana contra inundaciones (frente al grupo N° 4 de Sala de Máquinas)



Fig. 3.7. Traslado de muestra a laboratorio

3.3.2 Análisis

- a. La muestra de agua se vierte a la probeta de vidrio de 1lt. de capacidad y se anota el volumen obtenido.
- b. Se retira del desecador un papel filtro de 22.5 x 22.5 cm.
- c. Se toma un filtro con un clip y se coloca en el horno a 110° grados centígrados, durante 20 minutos.
- d. Se retira el filtro con el clip y se coloca en un desecador que tiene humedad constante durante 10 minutos.
- e. Luego el conjunto Clip + filtro se pesa en la balanza electrónica y se anota el valor obtenido.
- f. Se filtra la muestra de líquido y sólidos con una bomba de vacío, cuidando de que ninguna partícula sólida pase a través del filtro, ni quedé en ningún recipiente, de ser necesario se enjuaga con agua filtrada y se pasa nuevamente a través del filtro.
- g. Se coloca el filtro doblado y cerrado con su clip en el horno a 110° grados centígrados nuevamente durante veinte minutos.
- h. Se retira del horno el conjunto clip + filtro y se coloca en el desecador por otros 10 minutos.
- i. Luego el conjunto clip + filtro se pesa en la balanza electrónica y se anota el valor obtenido.
- j. El peso obtenido en el paso "9" menos el peso obtenido en el paso "5" es el peso neto de sólidos en suspensión.

- k. El peso neto de sólidos del paso anterior dividido entre el volumen de la muestra da la concentración en gramos por litro obtenido en el paso a.
- l. Por último se promedia los cuatro valores diarios para obtener el promedio del día y se reporta a sala de control para el informe hidrológico diario y banco de datos.



Agua del depósito a la probeta de cap. 1 lt



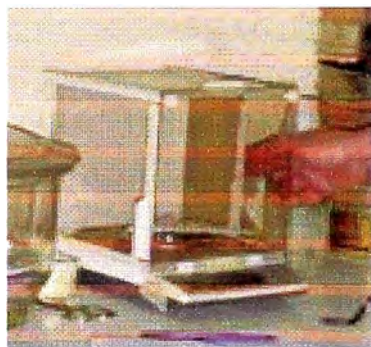
Vaciado de muestra



Cuaderno de Registro de sólidos



Muestra resultante



Peso del conjunto



Cuaderno de Registro de sólidos

Fig. 3.8. Análisis de sólidos

3.3.3 Materiales y Equipos Utilizados

- a. Probeta de 1000 ml, graduada hasta 10 ml.
- b. Bomba de vacío, tipo ME2, marca "Vacuubrand", de 1.3 m³/h.
- c. Balanza electrónica marca "Precisión", modelo HR-120, capacidad máxima 120 gr, d= 0.1 mg.
- d. Horno con termómetro, marca "Precisión Scientific".
- e. Embudo de cristal para filtrado.
- f. Depósito de vacío, capacidad 3000 ml.
- g. Desecador "Pyrex".
- h. Agua destilada.
- i. Papel fitro, tipo 0856, 22.5cm x 22.5 cm, marca "Selecta".

3.4 **ESTADÍSTICA DE CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS.**

En el período entre Diciembre y Abril se producen las más elevadas concentraciones de sólidos que desgastan las turbinas, agujas y asientos en la C.H. Cañón del Pato y que se presenta la condición de vertimiento en el sistema sin generación térmica.

En el período entre Mayo y Noviembre además que disminuye la concentración de sólidos en el río, por efecto de disminución de las lluvias, siempre son despachadas las centrales térmicas cuyo costo marginal es mas elevado durante las 24 horas y no es relevante el costo marginal de la central hidráulica, sin embargo se mantiene la estadística para control de la acumulación de sólidos turbinados en cada equipo como la variable que

define el mantenimiento y programar sus inspecciones o cambios de unidades.

En la Central se lleva un control diario, mensual y anual de los sólidos turbinados y se acumula en cada equipo; para lo cual se calcula en función de la concentración promedio del día multiplicado por el volumen de agua en función de la energía generada y la eficiencia de las turbinas, de acuerdo con las siguientes formulas:

$$C_{sr} = K * E/2 * X_{ss}$$

$$C_{sa} = K * E/4 * X_{ss}$$

Donde:

- C_{sr} : Cantidad de sólidos turbinados en un rodete.
 C_{sa} : Cantidad de sólidos turbinados en una aguja.
 K : Constante eficiencia hidráulica de la central = 1112 m³/MWh.
 E : Energía generada por unidad de generación (2 rodetes, 4 aguja)
 X_{ss} : Concentración de sólidos en suspensión obtenida de análisis

Ejemplo:

Si la unidad 1 de la central generó en un determinado día 800 MWH y en el mismo día la concentración promedio fue de 1.5 gr. /lt, se calcula la cantidad de arena (sólidos) que pasó por un rodete y una aguja.

$$C_{sr} = 1112 \text{ m}^3/\text{MWH} * 800/2 \text{ MWH} * 1.5 \text{ Kg./m}^3 = 667,200 \text{ Kg.}$$

$C_{sr} = 667.2$ Toneladas de arena que pasó por un rodete.

$$C_{sa} = 1112 \text{ m}^3/\text{MWH} * 800/4 \text{ MWH} * 1.5 \text{ Kg./m}^3 = 333,600 \text{ Kg.}$$

$C_{sa} = 333.6$ Toneladas de arena que pasó por una aguja.

Con estos resultados se elabora el reporte diario de sólidos turbinados y se va acumulando en cada equipo para programar sus inspecciones de control de desgaste o retiros para reparación cuando cumpla con su ciclo de operación.

Para el estudio se tomó como base la estadísticas promedio diaria de los cinco años anteriores a la presentación del estudio (Diciembre 2000) que se realizaron en el túnel de descarga para el agua turbinada, los resultados de los promedios mensuales de la concentración de sólidos en agua turbinada se muestran en la tabla N^a 3.3:

Tabla N° 3.3 Concentración de sólidos (gramos/litro) de agua turbinada promedio mensual de Diciembre 1995 – Abril 2000

1995 - 1996		1996 - 1997		1997 - 1998		1998 - 1999		1999 - 2000		Prom. 95-00
Dic 95	0,97	Dic 96	0,41	Dic 97	3,01	Dic 98	0,43	Dic 99	0,63	1,09
Ene 96	1,23	Ene 97	0,79	Ene 98	4,23	Ene 99	0,87	Ene 00	0,53	1,53
Feb 96	3,10	Feb 97	2,15	Feb 98	5,43	Feb 99	4,51	Feb 00	1,81	3,40
Marz 96	2,43	Mar 97	2,22	Mar 98	6,13	Mar 99	2,31	Mar 00	2,25	3,07
Abr 96	1,43	Abr 97	1,32	Abr 98	3,98	Abr 99	0,54	Abr 00	0,73	1,50

Así mismo posterior al estudio realizado como una manera de verificar el horizonte del estudio empleado para sustentar los costos variables ante el COES, se ha elaborado una nueva tabla con las concentraciones obtenidas en el río Santa para el período 2001–2006 conforme se muestran en la tabla N° 3.4.

**Tabla N° 3.4 Concentración de sólidos (gramos/litro) de agua turbinada
promedio mensual de Diciembre 2000 – Abril 2006.**

2000–2001		2001- 2002		2002-2003		2003-2004		2004 – 2005		2005 - 2006	
Dic 00	1.63	Dic 01	0.509	Dic 02	0.393	Dic 03	0.803	Dic 04	0.464	Dic 05	0.206
Ene 01	1.850	Ene 02	0.283	Ene 03	0.543	Ene 04	0.068	Ene 05	0.253	Ene 06	0.212
Feb 01	0.760	Feb 02	0.599	Feb 03	0.864	Feb 04	0.575	Feb 05	0.273	Feb 06	0.818
Mar 01	3.071	Mar 02	2.677	Mar 03	1.051	Mar 04	0.469	Mar 05	0.778	Mar 06	2.256
Abr 01	0.617	Abr 02	1.001	Abr 03	0.378	Abr 04	0.296	Abr 05	0.276	Abr 06	2.989

MES	PROMEDIO 2000-2006
Diciembre	0.668
Enero	0.535
Febrero	0.648
Marzo	1.717
Abril	0.926

De los resultados obtenidos en ambos periodos podemos comprobar que las concentraciones mensuales promedios varían desde 0.2 gr/lt (año muy seco) hasta 6.13 gr/lt (año muy húmedo), también podemos observar que las concentraciones mas elevadas se presentaron en los años de fines de 1997 hasta 1999 que tuvimos la presencia los fenómenos del niño y la niña.

También vemos como la mayor concentración por efecto de los cambios climáticos se viene desplazando de los meses de febrero y Marzo iniciales a los meses de Marzo y Abril en la actualidad y que en los años 2002, 2003 y 2004 el año hidrológico de la cuenca por sus bajos caudales o considerados seco se presentan bajas concentraciones.

Tuberías de Presión: Desgaste de espesores pero por su flujo laminar y velocidad relativa menor, el periodo de cambio es tan largo como la vida útil de la infraestructura civil, sólo se identifica desgaste relativo en los codos de cambios de dirección o disminución de sección al ingreso a la caja de turbina con un costo de mantenimiento menor.



Fig. 4.1. Vista posterior unión cuerpo inyector con codo de tubería.

Válvulas esféricas: Desgaste de sellos de operación y mantenimiento, con efecto similar a las válvulas mariposa por su falta de estanqueidad.

Inyectores, toberas, asientos, agujas, deflectores y rodetes: Desgaste que se deben cuantificar y relacionar con la concentración de sólidos, pérdida de peso, pérdida de dimensiones y pérdida de potencia. En el esquema adjunto mostramos la ubicación de estos equipos para una visión esquemática de los fenómenos de desgaste, así como vistas de los equipos instalados en la Central que muestran el efecto del desgaste.

- Tobera
- Asiento del inyector
- Aguja del inyector
- Deflector
- Rodete Pelton
- Álabes, cangilones o cucharas del rodete

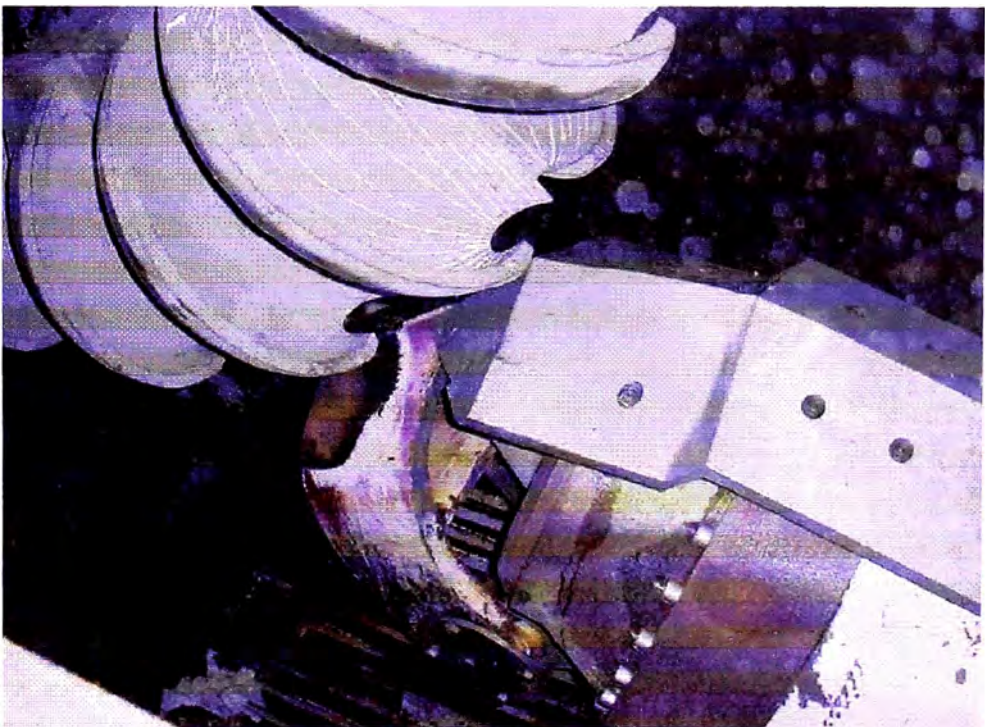
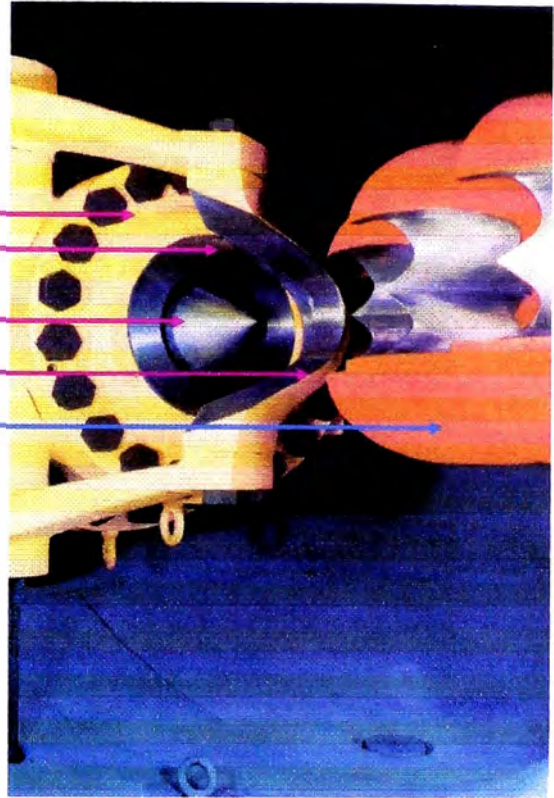


Fig. 4.2 Disposición de conjunto tobera, asiento, aguja, deflector y protector.

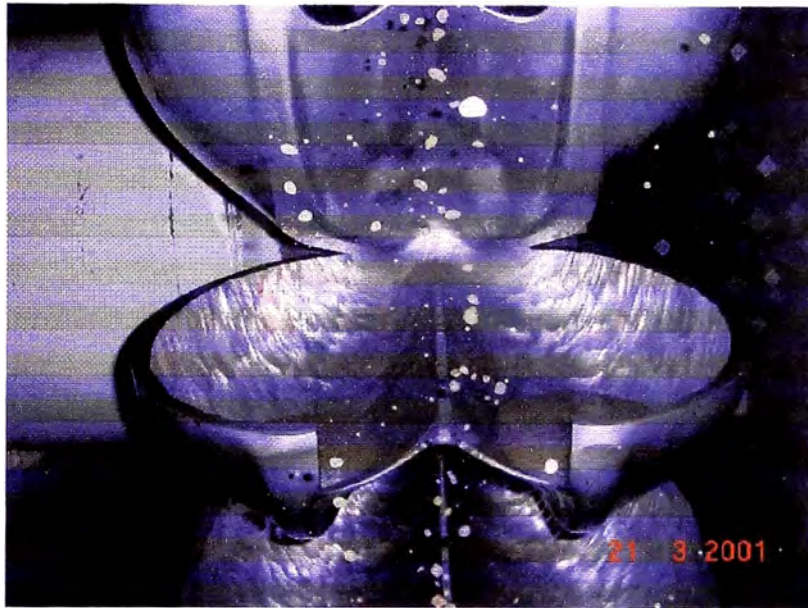


Fig. 4.3 Desgaste en rodete tipo Kvaerner.



Fig. 4.4 Desgaste en rodete tipo Voith.

4.2 COSTOS POR PÉRDIDA DE EFICIENCIA.

El desgaste que se produce en la tobera, asiento y aguja en primer lugar deforma el chorro de diseño modificando la sección del chorro que se vuelve irregular y el contacto con el cangilón se vuelve asimétrico produciéndose fuerzas opositoras.

Igualmente el desgaste en el divisorio de agua y bordes de la mesa de los cangilones produce variación en los ángulos de ingreso y salida del agua de los cangilones, luego produce ondulaciones y finalmente puede llegar a producir aristas que inician una aceleración del desgaste localizada en los cangilones con un incremento de la vibración de la turbina hidráulica.

La combinación de ambos efectos produce pérdida de eficiencia que se traduce en baja potencia y energía para una misma cantidad de agua, y que sólo se pueden reducir por un oportuno recambio de estos elementos para su reparación y posterior retorno al servicio.

Sin embargo como en la época de avenida el agua es excedente la pérdida de eficiencia es compensada con mayor flujo de agua regulando o cambiando el conjunto aguja-asiento y cuando la potencia disminuye en 5 % se procede al cambio de equipos. Adjuntamos algunas vistas de los desgastes que implican pérdida de eficiencia:

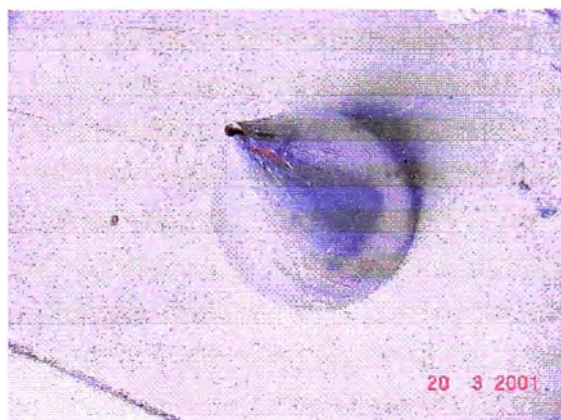


Fig. 4.5 Aguja



Fig. 4.6 Asiento

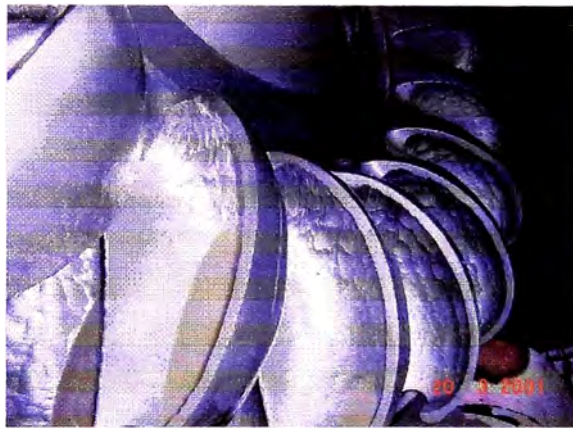


Fig. 4.7 Rodete

4.3 COSTOS POR INDISPONIBILIDAD DE GRUPOS GENERADORES.

Para los cambios de rodetes, agujas, asientos, toberas se emplean entre 4 y 8 horas, sin embargo el periodo de desgaste de estos equipos no son coincidentes por diferencia de área de contacto, caudal, velocidad y ángulo de contacto del chorro.

Así mismo como el cambio de estos equipos necesariamente indisponen la unidad para generar, y se puede obtener una indisponibilidad acumulada elevada por el incremento de la frecuencia de cambio cuando la concentración

CAPITULO IV

ANALISIS DE COSTOS

4.1 DESCRIPCIÓN DE COSTOS ASOCIADOS AL PROCESO DE GENERACIÓN POR SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN.

Para identificar cualitativamente los costos que incurre una Central en el proceso de generación se debe considerar el efecto en los diferentes equipos o elementos en contacto sólo con el agua turbinada (conforme al artículo 106° del Reglamento), con lo cual queda limitado a los equipos instalados desde la salida del desarenador hasta la descarga de las turbinas, como son: Válvulas mariposas, tuberías de presión, válvulas esféricas, inyectores, toberas, asientos, agujas, deflectores, caja de turbinas y rodets.

De la experiencia obtenida en la Central Cañón del Pato con anterioridad a la creación de la Ley de Concesiones y su reglamento, tenemos la identificación de estos efectos de desgaste en estos equipos:

Válvulas mariposa: Desgaste en sellos cuyo costo es mínimo y sin impacto en la operación, sólo afecta a las condiciones de mantenimiento por falta de estanqueidad.

de sólidos es elevada, por lo que se debe buscar siempre realizar estos cambios cuando el costo marginal del sistema es valor mínimo ó sólo tiene el impuesto por canon de agua.

4.4 COSTOS POR REPARACIÓN DE RODETES, AGUJAS, ASIENTOS Y TOBERAS.

Respecto a lo costos anteriores se pueden reducir con una óptima gestión del mantenimiento, haciendo los recambios oportunos cuando el costo del sistema es mínimo de tal forma que no sea necesario reemplazar esta baja generación hidráulica con generación térmica por sus elevados costos en combustibles.

Para la identificación de la variable que gestiona la oportunidad del cambio del rodete, aguja, asiento y tobera, anteriormente se utilizaba el tiempo de operación el cual es válido cuando las concentraciones de sólidos en suspensión son constantes o sus variaciones son insignificativas; pero cuando las concentraciones de sólidos superan los 0.1 gr/lit y llegan hasta valores promedio entre 1 y 6 gr/lit, la variable a relacionar con el desgaste es la cantidad de arena que contiene el agua turbinada al pasar por los diferentes elementos que erosionan su superficie.

Debemos anotar que, si bien es cierto el desgaste o cantidad de peso perdido en los elementos tiene una relación directa con la cantidad de sólidos que soportan, por otro lado en la ejecución de las reparaciones existen algunos

detalles, como desgastes en áreas localizadas o irregulares generados por fenómenos hidráulicos, que cuantitativamente en la pérdida de peso son intrascendentes, sin embargo trascienden en los costos finales de reparación, estos pueden de alguna manera distorsionar una relación directa entre los costos de reparación y la cantidad de sólidos.

4.5 PROCESO DE DESGASTE Y REPARACIÓN DE AGUJAS, ASIENTOS Y TOBERAS.

4.5.1 Proceso de Desgaste.

El desgaste es una falla inevitable donde quiera que haya cuerpos en contacto bajo carga, con movimiento relativo. Normalmente, el desgaste no ocasiona fallas violentas, pero trae como consecuencias las pérdidas indicadas en los numerales anteriores y eventualmente conduce al reemplazo de componentes desgastados y puede llegar hasta la obsolescencia de las máquinas en su conjunto.

El desgaste se puede definir como deterioro debido al uso. En la mayoría de los casos se le puede dar más precisión a esta definición, considerando al desgaste como el desprendimiento de partículas de la superficie de un cuerpo o el desplazamiento de material de zonas en contacto, hacia zonas libres de carga.

En un enfoque de sistemas, se puede considerar a los factores que influyen en el desgaste como:

- a) Variables operacionales: Carga aplicada, Velocidad, Temperatura y Tipo de movimiento.
- b) Variables Estructurales del Sistema:
 - b1)* Propiedades volumétricas de los dos cuerpos en contacto: Geometría, dimensiones, composición química, micro-estructura, dureza, etc.
 - b2)* Propiedades superficiales de los cuerpos en contacto: Rugosidad, micro-dureza, etc.
 - b3)* Área y ángulo de contacto entre los cuerpos.
 - b4)* Propiedades de los lubricantes interpuestos.
 - b5)* Características de la atmósfera.
 - b6)* Interacciones entre los cuatro posibles elementos: Cuerpo 1, cuerpo 2, fluido lubricante y atmósfera.

En nuestro caso los primeros equipos expuestos a mayor desgaste son aquellos que pertenecen a los inyectores, particularmente el asiento y la aguja, que sirven para la formación del chorro a la salida del inyector, la velocidad del chorro aguas abajo de la tobera es cercana al valor teórico de 88 m/seg (debido a 398 m. Altura neta de caída en Cañón del Pato), esta alta velocidad a la que discurren también los sólidos en suspensión genera el desgaste en dichos elementos por la potencia del rozamiento con que inciden en ellos.

A continuación mostramos algunas vistas de manifestación del desgaste en estos equipos:

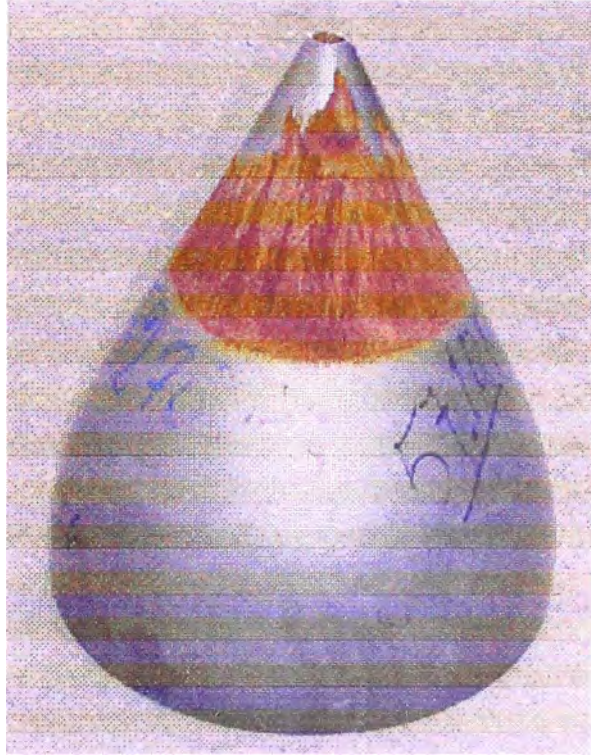


Fig. 4.8 Desgaste de aguja (zona posterior a contacto de cierre)

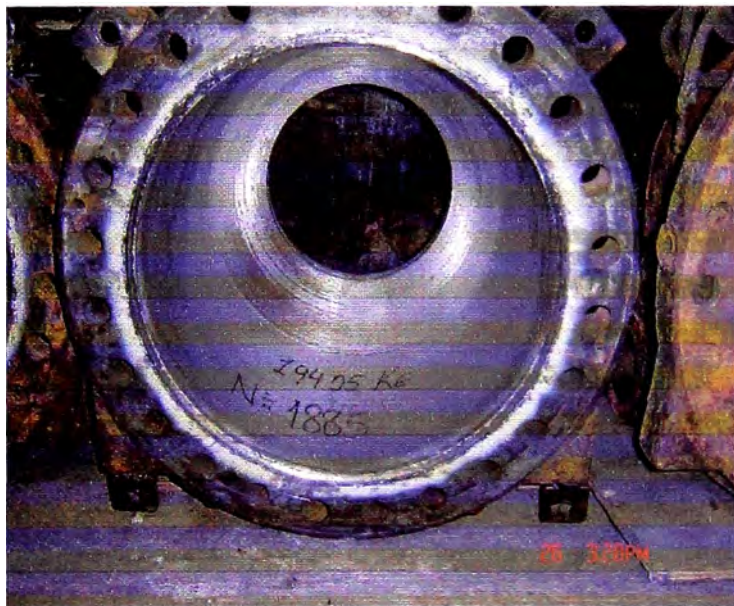


Fig. 4.9 Desgaste en tobera (zona de menor diámetro)

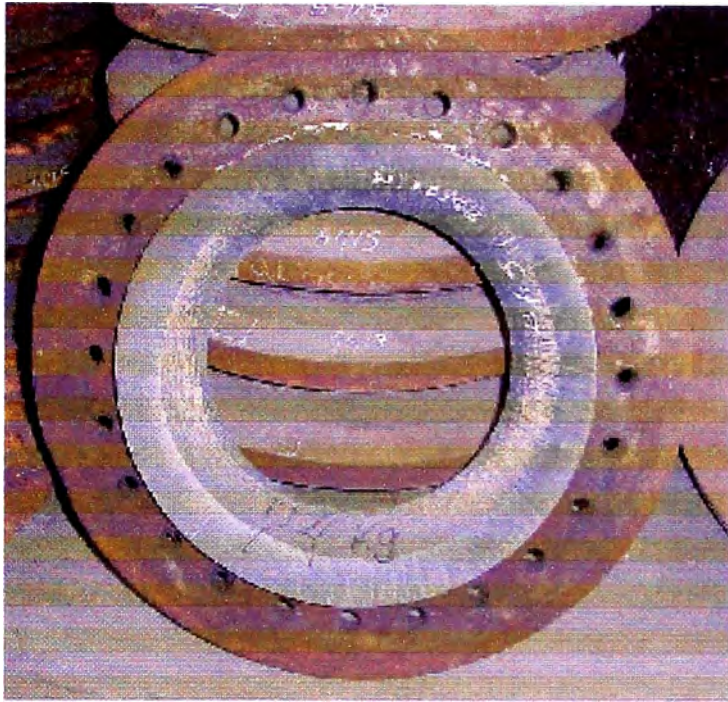


Fig. 4.10 Desgaste en asiento (zona de anterior contacto con asiento)

4.5.2 Proceso de reparación de asientos, agujas y toberas.

- Preparación con máquina herramientas, en esta etapa se maquinan las agujas, toberas y asientos para obtener una superficie uniforme para el rellenado con soldadura.
- Rellenado con soldadura Citochrom 134 de 3/16" y 5/32".
- Maquinado en el torno, dando las dimensiones y calidad de acabado de la superficie

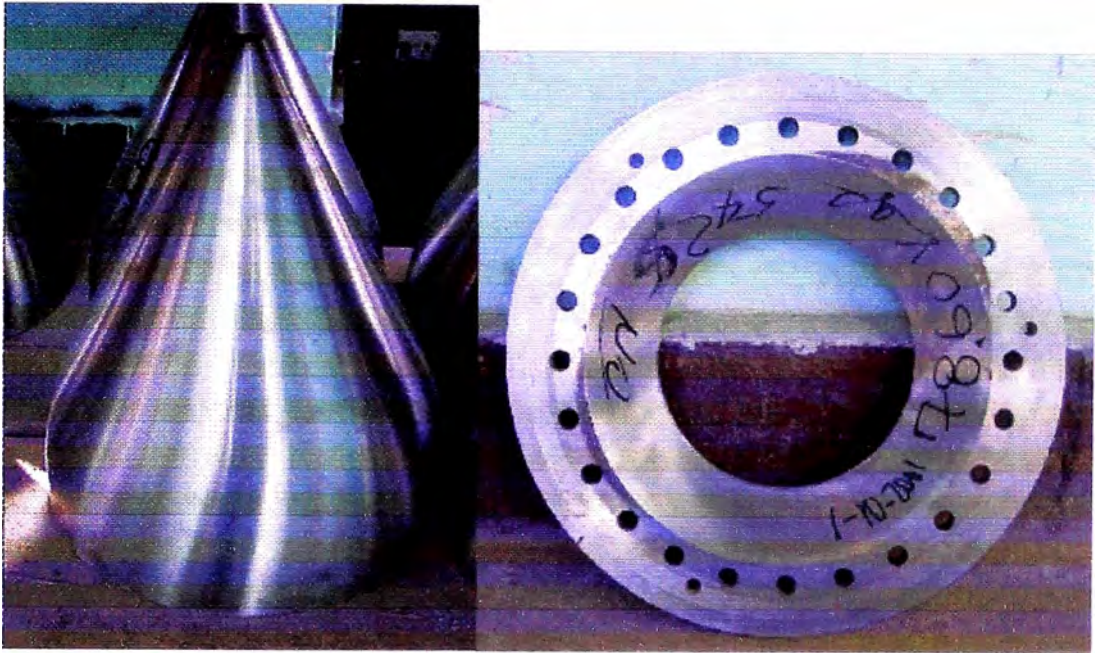


Fig. 4.11 Aguja y asiento reparados

4.6 PROCESO DE DESGASTE Y REPARACIÓN DE RODETES.

4.6.1 Proceso de desgaste en rodetes

Los desgastes que se producen en los rodetes, se pueden clasificar en 4 tipos:

- ❖ Desgaste por erosión.
- ❖ Desgaste por cavitación.
- ❖ Desgaste por corrosión.
- ❖ Desgaste por fatiga.

La erosión es la degradación de una superficie en contacto con un fluido en movimiento, la cual puede ser provocada por el fluido mismo o por los cuerpos extraños que él contenga en suspensión.

La cavitación se produce cuando se presentan imperfecciones en la superficie que da lugar a la aparición de zonas de baja presión, las cuales se producen por la presencia de grandes velocidades localizadas durante el tránsito del agua en los álabes, la baja presión disminuye hasta quedar por debajo de la presión de vapor del agua, produciéndose en este caso burbujas de vapor o cavidades llenas de vapor, estas burbujas son conducidas a zona de elevada presión donde implosionan, lo que ocasiona un arranque del material.

La corrosión se produce como consecuencia de la destrucción de la capa pasiva del material por efecto de la erosión y por el trabajo de los álabes ante el impacto del agua se produce una tensión sobre la superficie exterior del rodete.

La fatiga se presenta como consecuencia del impacto periódico de las partículas sobre la superficie del cangilón produce una alteración de la estructura cristalina superficial, que origina un debilitamiento en las propiedades mecánicas de la rueda, que puede llegar a producir microgrietas o fracturas.

Para la presente evaluación solo tendremos en cuenta el primer y segundo caso que como efecto se llamará el desgaste que ocasiona la presencia de arena y grava en el agua que turbinan nuestras unidades generadoras.

En nuestro proceso de generación, el chorro de agua luego de salir del inyector, va a incidir sobre el álabe o cangilón del rodete, en donde la energía cinética del agua se transforma en energía mecánica, y el chorro tiene una desviación de aprox. 180° esto implica una variación de velocidad de las partículas del agua a lo largo de la superficie de los alabes, esta es la razón por la cual el desgaste superficial de los álbes determina una superficie ondulada, ya que la potencia de rozamiento en cada punto es distinta de acuerdo a la velocidad y al radio de curvatura. Ver vistas adjuntas:

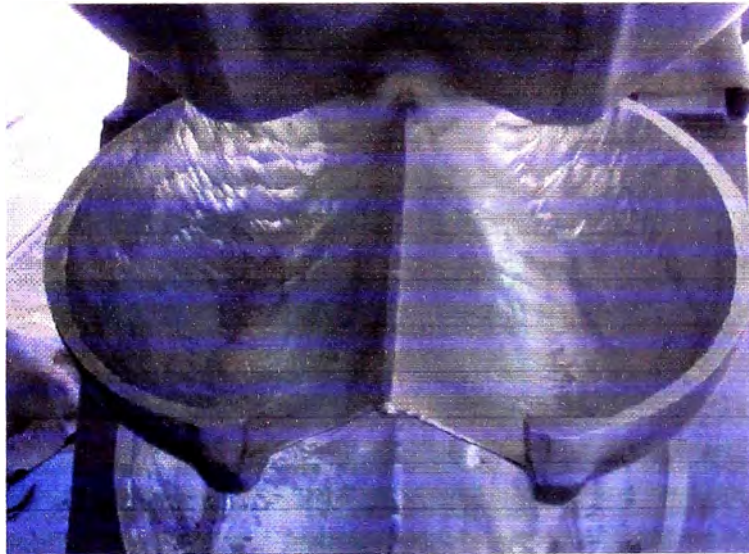


Fig. 4.12 Desgaste en cangilones o álbes de rodete

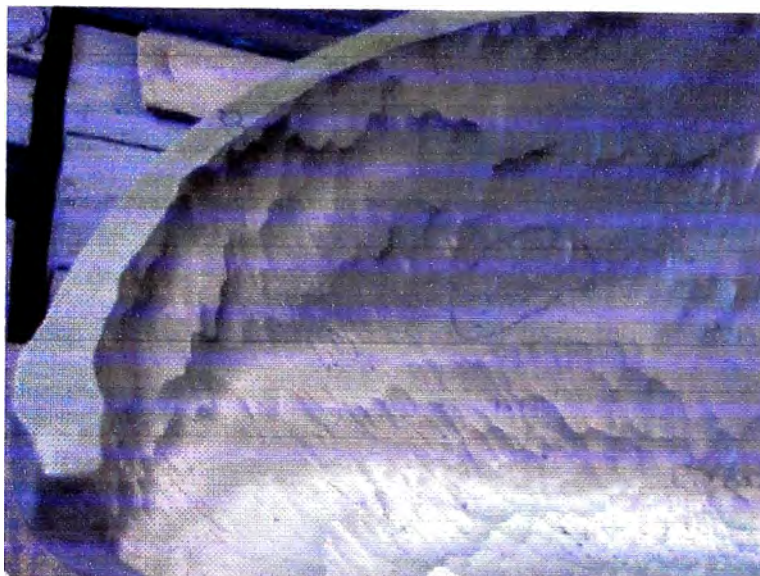


Fig. 4.13 Pérdida de espesor y ángulo de salida

4.6.2 Proceso de reparación de rodetes

Los rodetes están contruidos con acero inoxidable fundido de 13-4 (Cr-Ni)

Preparación para el Rellenado.

- El preparado es la actividad preliminar al proceso de rellenado y consiste en uniformizar la superficie para lograr un buen deposito de soldadura.
- Desbronado con piedra esmeril plana.
- Desbaste con piedra esmeril esférico.
- Prueba no destructiva con líquidos penetrantes

Rellenado con soldadura:

- Calentamiento del material base (rodete pelton), tratándose de una estructura de acero inoxidable martensitico es necesario precalentar el material base y mantenerlo durante el soldeo en un horno de

rampa de bajada (25 °C), para aliviar tensiones internas generadas en el proceso de reparación.

- Luego se realiza un nuevo control de la dureza superficial en las mismas zonas para registrarlas el control post-tratamiento.

Vistas de las diferentes etapas:

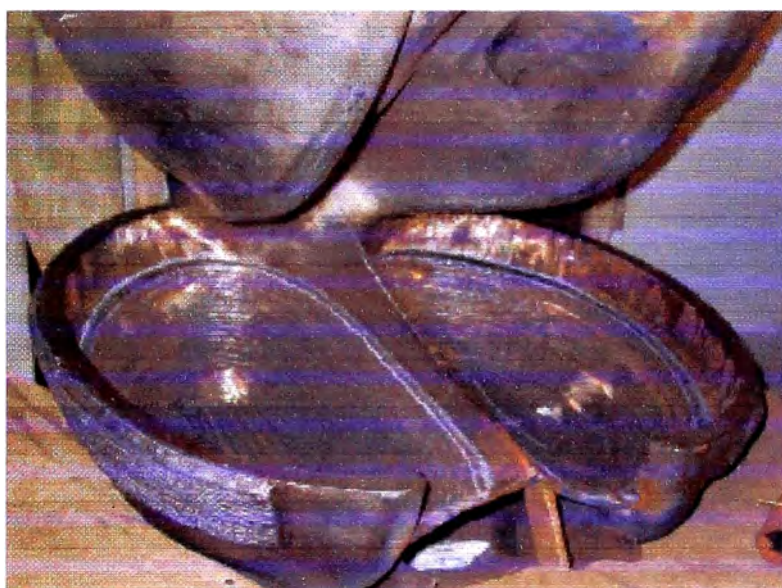


Fig. 4.14 Rellenado de cangilones.



Fig. 4.15 Esmerilado de cangilones

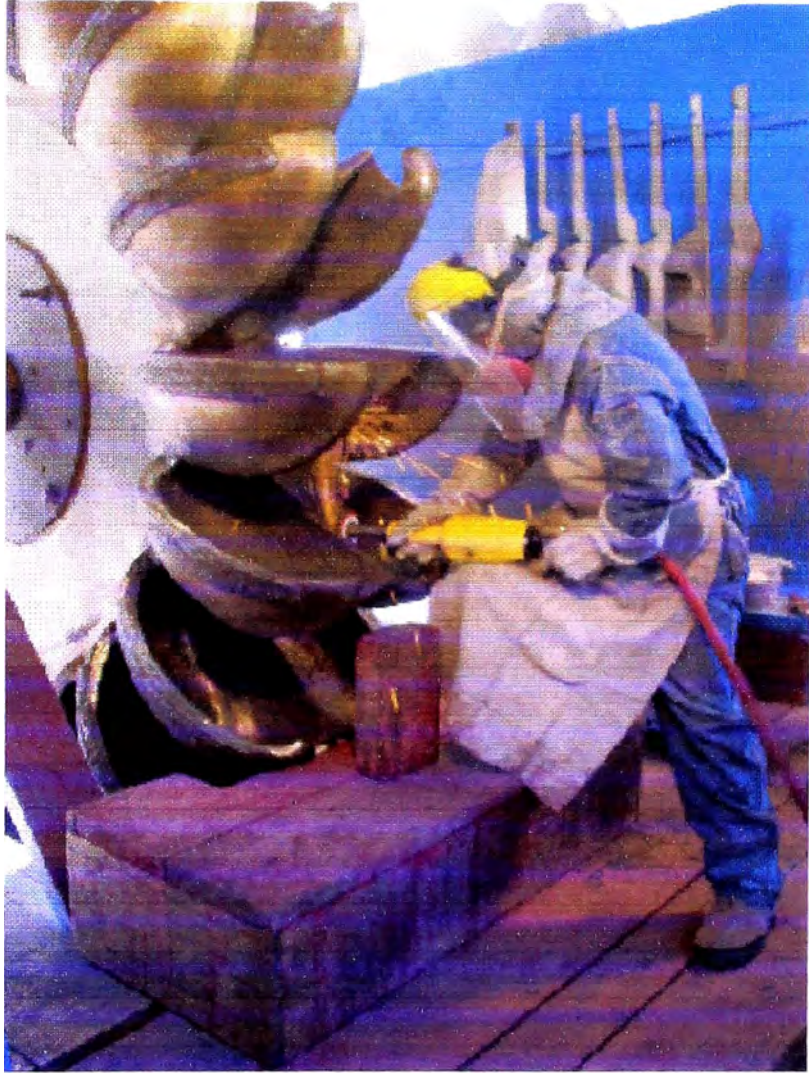


Fig. 4.16 Tratamiento

calentamiento con resistencias eléctricas, la temperatura del material base es de 100-120 °C.

- Proceso de aplicación de soldadura MIG-MAG, la fusión de los metales se obtiene por un arco eléctrico establecido entre el extremo del alambre aportado (Inoxfil PS-134) continuamente y el material base, la fusión del metal así obtenida es protegida por un gas (Agamix-22) suministrado simultáneamente.

Proceso de esmerilado:

- Realizar el desbaste del rodete rellenado para obtener sus dimensiones originales. Consiste en tres etapas: Desbastado grueso con piedras planas, desbastado medio con piedras esféricas grano grueso y mediano, y desbastado fino o pulido con piedras grano fino.
- Entre los desbastados grueso y medio se lleva a cabo la aplicación de tintes penetrantes para detectar defectos y repararlos.
- Luego se procede al balanceo estático y control dimensional del rodete reparado.
- Medición de la dureza superficial en la zona de la raíz, filo de Ataque y copa de los alabes (cucharas) del Rodete Pelton antes del Tratamiento Térmico.

Tratamiento térmico del rodete reparado.

- En el horno de tratamiento de acuerdo a la curva del fabricante (35°C/hora) se eleva la temperatura hasta obtener 590 °C y se mantiene durante 14 horas dicha temperatura para luego iniciar la

En la tabla N^a 4.1 se presenta una estadística de desgaste o pérdida de peso de rodetes, como referencia del material que se tiene que reponer en las reparaciones de los rodetes, cuyos costos son los más trascendentales:

Tabla N^a 4.1 Estadística de desgaste o pérdida de peso de rodetes.

Código de fabrica de rodete	Fecha montaje-desmontaje	Cantidad de sólidos turbinados (ton)	Peso inicial Kg	Peso final Kg	Desgaste Kg
S445	21.12.98-05.04.00	68 000	8 460	8 015	445
1-1AOD115	21.12.98-17.03.99	59 500	8 540	8 155	385
1-1AOD115,2	17.11.99-18.03.00	48 450	8 510	8 165	345
1-1AOD135-8	04.05.99-23.02.00	31 450	8 570	8 295	275
1-1AOD123	17.03.99-19.11.99	18 575	8 570	8 330	240

“La experiencia anterior (antes del año 2000) de reparación con electrodos de acero inoxidable originaba que el aporte de material representaba entre el 250 % y 300 % del material perdido, sin embargo con la actual técnica de rellenado el aporte de material representa entre el 150% y 200 %, es decir para una perdida de 400 Kg, antes se usaba mas de 1000 Kg de soldadura inoxidable y ahora sólo se emplea aproximadamente 750 Kg en menor tiempo y costo para una mejor calidad por la reducción de la escoria y mínima formación de poros.”.

CAPITULO V

EVALUACION DE COSTOS VARIABLES.

5.1 CONSIDERACIONES GENERALES DE CÁLCULO.

En general todos los datos utilizados en el presente informe provienen objetivamente de la experiencia desarrollada en la C.H. Cañón del Pato, tanto mediciones de los sólidos y costeos de reparaciones, por lo que debido a que cada central hidroeléctrica le corresponde un diseño hidráulico propio, para su evaluación se debe construir su propia base datos tanto de concentraciones en calidad y cantidad, como sus costos de reparaciones.

El costo variable se determinará, evaluando solo los costos ocasionados por reparación de rodetes, agujas y asientos que son los elementos que inobjetablemente sufren mayor desgaste debido al rozamiento directo de los sólidos en suspensión del agua turbinada.

Para los cálculos se ha considerado una sola turbina (dada las características similares de todas las unidades de la Central), con las siguientes especificaciones:

- Un rodete.

- Dos juegos de agujas y asientos.
- Régimen óptimo de operación, con un caudal turbinado de $6,35 \text{ m}^3/\text{seg}$, correspondiente a generar 20,55 MW.

La validez de las mediciones de concentración de sólidos se basa en la relatividad que le da el hecho de ser siempre el mismo procedimiento empleado y por lo tanto las mismas unidades que trascienden en la cantidad de sólidos en suspensión que originan desgaste y consecuentemente costos por reparación, que son utilizados en esta evaluación. En caso de utilizar otro método ya sea manual o automático (sensor de ultrasonido) se debe construir la nueva base datos que sea equivalente o relativa a los mismos desgastes obtenidos en peso o dimensionalmente.

5.2 DEFINICIÓN DE PARÁMETROS PARA LA EVALUACIÓN.

5.2.1 Período de Evaluación.

Lo definirá el periodo de vida útil en cantidad de reparaciones de un rodete, el numero de reparaciones de rodetes podría ser máximo según lo permita la vida útil garantizada (sin envejecimiento) del material, estos asumiendo que la ejecución de la reparación es de una calidad adecuada, evitando los desgastes excesivos en el metal base que impliquen someter a los rodetes a recuperaciones menos severas por menor fatiga térmica, de lo que concluimos que si estimamos en 30 años la duración garantizada del material (sin variar sus propiedades), y según las condiciones de operación y mantenimiento de la C.H.

Cañón del Pato, nos define una vida útil aproximada para los rodetes de **12 reparaciones**.

La sensibilidad de considerar 10 y 14 reparaciones varían los resultados de los costos variables en $\pm 0,5\%$. La vida útil de las agujas y asientos, se ha considerado similar a la de los rodetes.

5.2.2 Tasa de Retorno.

Se ha definido en 12 % anual.

5.2.3 Concentración de Sólidos.

Es la variable independiente que sensibilizara al costo variable, se expresará en la cantidad de sólidos en suspensión del agua turbinada (en gramos) en cada litro de agua turbinada.

5.2.4 Costos de cambios y reparación de agujas, asientos y toberas.

Se ha definido para los cambios de agujas y asientos, que los cambios se realizarán luego que estos soporten 7.000 toneladas de sólidos, para lo cual le corresponde un costo de cambio y reparación de 2 juegos de agujas y asientos en US \$ 1280. (Detalle de estructura de costos en Apéndice A). Para la fijación de 7.000 Ton como la cantidad de sólidos para el cambio de agujas, se tuvo en cuenta que los desgastes generados son los límites para mantener los márgenes de operatividad

con eficiencia y menor incidencia de la distorsión del chorro en el rodete.

Además los efectos de soportar 9.000 Toneladas, determinan desgaste excesivo incrementando el costo de reparación aproximadamente a US\$ 2.000, valor muy cercano a la fabricación de aguas y asientos nuevos, para el caso de soportar 2.000 Ton, se tiene un costo aproximado de US\$ 800, sin embargo operativamente resultaría en algunos periodos cambios interdiarios en cada unidad que sería poco manejable e incrementaría los costos por indisponibilidad de las unidades y los costos por los frecuentes cambios en el servicio de cambio.

5.2.4 Costos de cambios y reparación de rodetes.

En la Tabla N^a 5.1 se dan los valores obtenidos en talleres propios de las reparaciones de rodetes para distintas cantidad de sólidos turbinados

Tabla N^a 5.1 Valores obtenidos en talleres propios de las reparaciones de rodetes para sólidos turbinados

Código de fabrica de rodete	Cantidad de sólidos (ton)	Costo preparacion. US \$	Costo Rellenado USS	Costo Esmerilado USS	Costo Tratamiento Térmico USS	Costo montaje y desmontaje rodetes USS	Costo Total USS
S445	68 000	2 624	37 340	12 191	6 400	800	59 355
1-1 ^a OD115	59 500	2 295	31 782	10 597	6 400	800	51 870
1-1 ^a OD115,2	48 540	1 927	28 914	9 951	6 400	800	47 992
1-1 ^a OD135-8	31 450	1 642	22 637	9 158	6 400	800	38 996
1-1 ^a OD123	18 575	1 587	20 152	9 059	6 400	800	37 999

Ver estructura de costos detallados en el Apéndice B.

5.3 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE COSTOS VARIABLES.

En general se aplicó el siguiente procedimiento.

- ❖ Se fija un horizonte de evaluación que es coincidente con un ciclo de la vida útil de un rodete, que es de 12 reparaciones.
- ❖ Se define una cantidad de sólidos (en Toneladas) turbinados que soportaron los rodetes y agujas antes de su cambio y reparación, así como sus costos de los cambios y reparaciones de un rodete, 2 agujas y 2 asientos correspondientes a dicha cantidad de sólidos.
- ❖ Se calcula la periodicidad del flujo de los costos de los cambios y reparaciones de un rodete, agujas y asientos (en meses), para cada caso de concentración de sólidos (gr/lt), con la energía mensual y las toneladas de sólidos turbinados referidas a los costos mencionados, conforme se detalla a continuación:

T_{cr} = Período de cambio de rodete

$$T_{cr} = C_{sr} / (E_{mes} * K * X)$$

T_{ca} = Período de cambio de agujas y asientos

$$T_{ca} = C_{sa} / (E_{mes} * K/2 * X)$$

Donde:

C_{sr} = Cantidad de sólidos turbinados para cambio de rodetes (Ton)

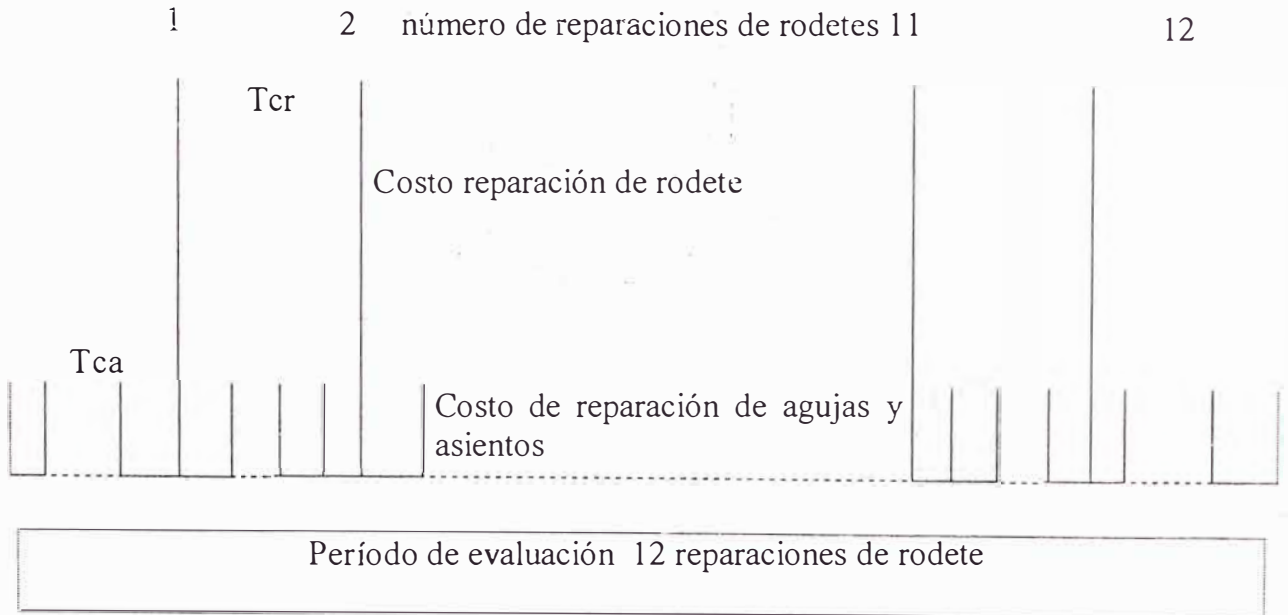
C_{sa} = Cantidad de sólidos turbinados para cambio de agujas (Ton)

X = Concentración de sólidos en gr/litro

E_{mes} = Energía mensual MWh/mes

K = Constante eficiencia hidráulica de la central = $1112 \text{ m}^3/\text{MWh}$

Diagrama Flujo de gastos por reparaciones de rodetes, agujas y asientos



Ejemplo de cálculo: para el rodete 1-1ªOD115

❖ Datos:

De la Tabla 5.1 tenemos los siguientes datos:

$C_{sr} = 59,500$ Toneladas de sólidos turbinados.

Energía mensual turbinada = $20 \text{ MW} \times 720 \text{ Horas} = 14,400 \text{ MWH}$.

$K = 1112 \text{ m}^3/\text{MWH}$

❖ Calculamos el periodo de cambio de rodetes

Para $X = 0.5 \text{ gr./lt.} = 0.5 \text{ Kg} / \text{m}^3 = 0.0005 \text{ Ton} / \text{m}^3$

$T_{cr} = C_{sr} / E_{mes} * K * X =$

$T_{cr} = (59500) \text{ Ton.} / (14,400 \text{ MWH/mes} \times 1112 \text{ m}^3/\text{MWH} \times 0.0005 \text{ Ton/m}^3)$

$T_{cr} = 7.43 \text{ meses.}$

Para $X = 1 \text{ gr/lt} = 1 \text{ Kg/m}^3 = 0.001 \text{ Ton/m}^3$

$T_{cr} = (59500) / (14400 \times 1112 \times 0.001).$

$T_{cr} = 3.72 \text{ meses.}$

- ❖ **Igualmente calculamos el periodo de cambio de conjunto agujas y asientos**

$C_{sa} = 7000$ Toneladas de sólidos turbinados por aguja.

Para $X = 0.5$ gr/lt

$$T_{ca} = (7000) / (14400 \times 1112 / 2 \times 0.0005)$$

$$\mathbf{T_{ca} = 1.75 \text{ meses}}$$

Para $X = 1$ gr./lt obtenemos

$$\mathbf{T_{ca} = 0.87 \text{ meses.}}$$

- ❖ Luego se calcula para el rodete el valor presente del flujo de costos a lo largo del horizonte de evaluación, con una tasa de descuento del 12%, y se tabula para diferentes concentraciones desde 0.5 gr/lt hasta 10 gr./lt. Conforme se detalla a continuación:

$$\mathbf{V_{Acr} = CT_{rr} (FSA), \text{ para lo cual}}$$

$$\mathbf{FSA = \frac{1}{(1+i)^n} \text{ donde :}}$$

V_{Acr} = Valor actual del costo de reparación rodete.

CT_{rr} = Costo Total de reparación de rodete.

FS_{Arr} = Factor simple de actualización para cada T_{cr} calculado para las 12 reparaciones.

- Se tabula las 12 Valores actualizados del costo de reparación del rodete.
- Se calcula el Valor Total de actualización de reparación de rodetes (VT_{Acr}) sumando los 12 V_{Acr} durante el horizonte de evaluación (vida útil).

- Luego se realiza el mismo cálculo para obtener el Valor Total de Actualización correspondiente a la reparación agujas y asientos (VT_{Aca}).
- Luego se suman ambos Valores Totales de Actualización para obtener el Valor Total del conjunto de reparación de 1 rodete y 2 asientos y agujas:

$$\mathbf{VTA = VT_{Acr} + VT_{Aca},}$$

Donde:

VTA = Costo Total Actualizado de reparaciones en toda su vida útil.

VT_{Acr} = Valor Total actualizado cambio rodetes.

VT_{Aca} = Valor Total Actualizado cambio de asientos y agujas.

- Luego con este Valor Total Actualizado se calcula la mensualidad, conforme se detalla a continuación:

$$\mathbf{Cmes = VTA (FRC), \text{ para lo cual}}$$

$$\mathbf{FRC = \frac{i (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}}, \text{ donde :}$$

Cmes = Costo mensualizado para toda su vida útil.

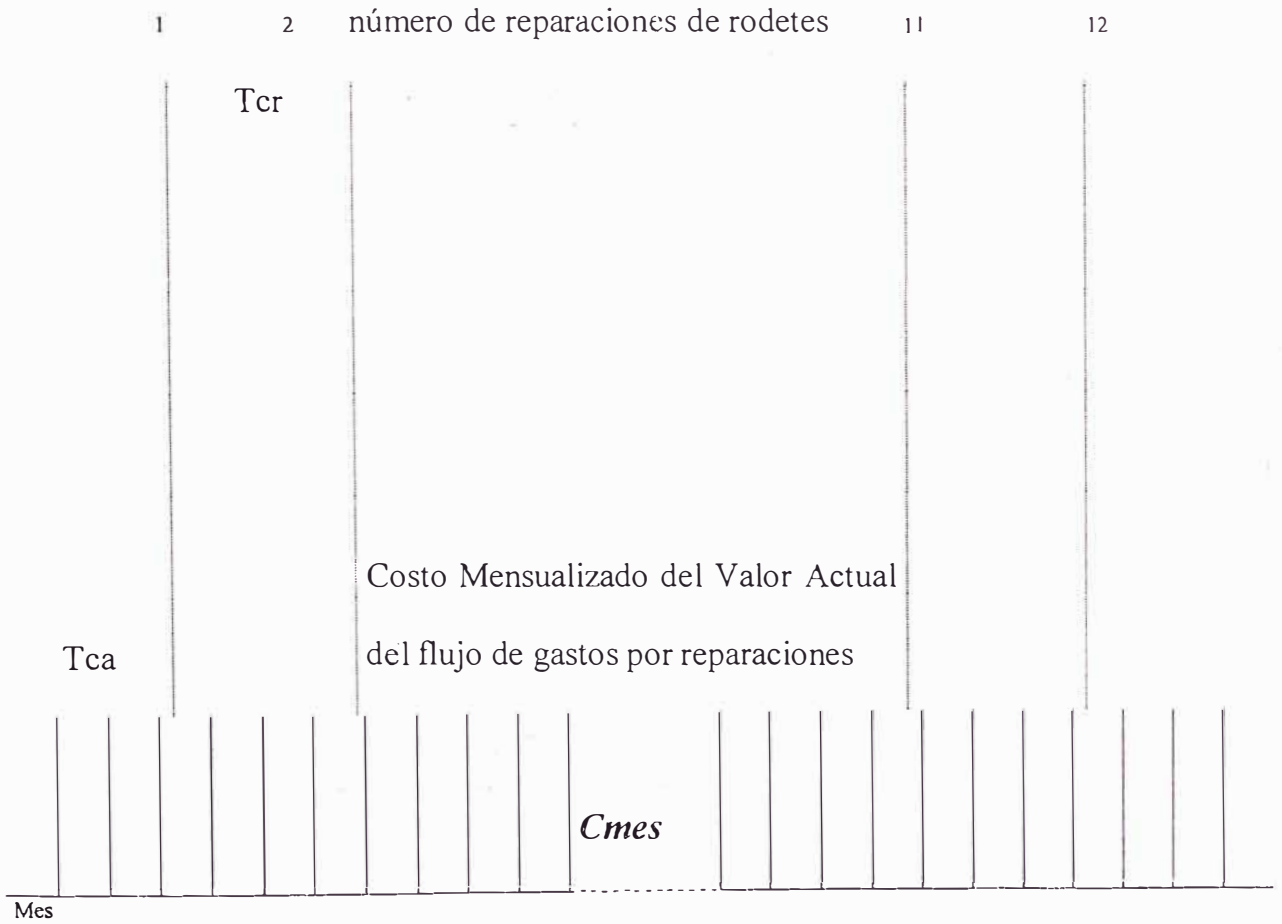
FRC = Factor Recuperación Capital para el Tcr del flujo total desde el inicio hasta la última reparación durante su vida útil.

- Luego para obtener el costo variable se divide entre la energía generada (Emes) en un mes se obtiene el **costo variable CV (US\$/MWh)**

correspondiente para cada concentración de sólidos desde 0.5 hasta 10 gr/lit. Conforme se detalla:

$$\text{Costo Variable} = C_{mes} / E_{mes}$$

Diagrama del flujo de gastos mensualizado



Período de evaluación 12 reparaciones de rodete

Ejemplo de cálculo: Continuación de ejemplo para el rodete 1-1^aOD115

❖ **Construimos la tabla de flujo de gastos de rodetes.**

Costo total de reparación del rodete = US \$ 51,870.

Número de reparaciones = 12.

Tasa de descuento = 12 %

X = 0.5 gr./lt.

Tcr = 7.43 meses

El valor actual neto para la primera reparación sería:

$$VAcr = Ccr / (1+i)^{Tcr} = (51874) / (1 + 0.12/12)^{7.43}$$

$$VAcr_1 = 48,173.$$

El valor actual neto para la segunda reparación sería:

$$VAcr = Ccr / (1+i)^{2Tcr} = (51874) / (1 + 0.12/12)^{(2 \times 7.43)}$$

$$VAcr_2 = 44,739.$$

El valor actual neto para la tercera reparación sería:

$$VAcr_3 = 41,550.$$

Y así sucesivamente hasta tabular las 12 reparaciones y obtenemos:

0.5 gr/litro		No reparaciones
# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	
7.43	48,173	1
14.86	44,739	2
22.29	41,550	3
29.73	38,589	4
37.16	35,838	5
44.59	33,284	6
52.02	30,911	7
59.45	28,708	8
66.88	26,662	9
74.32	24,761	10
81.75	22,996	11
89.18	21,357	12

- ❖ Hacemos la sumatoria para calcular el VTAc_r

$$VTAc_r = VAcr_1 + VAcr_2 + VAcr_3 + \dots + VAcr_{12}$$

$$VTAc_r = \text{US \$ 397,568}$$

- ❖ Calculamos el valor actual para el número de ciclos y meses que corresponden al flujo de gastos de agujas y asientos:

Costo total reparación agujas y asientos = US \$ 1280.

Para $X = 0.5$ gr/lt, de acuerdo a los cálculos anteriores tenemos:

$T_{cr} = 7.43$ meses, y $T_{ca} = 1.75$ meses

Tasa de descuento = 12 %

Número de reparaciones rodetes = 12 veces (vida útil).

Luego el valor actual neto para la primera reparación de aguja sería:

$$VAca = Ccr / (1+i)^{Tca} = (1280) / (1 + 0.12/12)^{1.75}$$

$$VAca_1 = 1258.$$

$$VAca_2 = 1236.$$

Y así sucesivamente hasta el periodo final que debe coincidir con el ciclo de vida útil del rodete, es decir un periodo adicional a la última reparación.

$$Tcaf = (\text{Número reparaciones rodete} + 1) * Tcr$$

$$Tcaf = (12 + 1) * 7.43$$

$$Tcaf = 96.17 \text{ meses}$$

❖ **Construimos la tabla de Valor Actual de reparación a agujas y asientos.**

# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	No vece s	Valor Actual Costo Reparac	No veces
1.75	1,258	1	52.46 759	30
3.50	1,236	2	54.21 746	31
5.25	1,215	3	55.96 734	32
6.99	1,194	4	57.70 721	33
8.74	1,173	5	59.45 708	34
10.49	1,153	6	61.20 696	35
12.24	1,133	7	62.95 684	36
13.99	1,114	8	64.70 672	37
15.74	1,094	9	66.45 661	38
17.49	1,076	10	68.20 649	39
19.23	1,057	11	69.94 638	40
20.98	1,039	12	71.69 627	41
22.73	1,021	13	73.44 616	42
24.48	1,003	14	75.19 606	43
26.23	986	15	76.94 595	44
27.98	969	16	78.69 585	45
29.73	952	17	80.44 575	46
31.47	936	18	82.18 565	47
33.22	920	19	83.93 555	48
34.97	904	20	85.68 546	49
36.72	888	21	87.43 536	50
38.47	873	22	89.18 527	51
40.22	858	23	90.93 518	52
41.97	843	24	92.68 509	53
43.72	829	25	94.42 500	54
45.46	814	26	96.17 492	55
47.21	800	27		
48.96	786	28		
50.71	773	29		

❖ **Luego calculamos el VTAc para el flujo de costos de reparación de agujas.**

Sumamos todos los VTAc obtenidos para aproximadamente 56 reparaciones

en 96 meses:

$$\text{VTAc} = \text{US \$ 44,920.}$$

Podemos observar que el valor obtenido a pesar de ser una cantidad importante de reparaciones de agujas y asiento, el valor total actualizado solo representa aproximadamente el 11 % del valor total actualizado de reparación de rodetes.

Es por esta razón que para toberas, anillos, codos y otros elementos de desgaste de mayor tiempo de operación y menor costo, el valor de actualización comparado al rodete se vuelve menor al 1 % en nuestro caso.

❖ **Luego calculamos el Valor Total de Actualización: VTA**

$$VTA = VTAc_r + VTAc_a$$

$$VTA = 397\,568 + 44\,920$$

$$VTA = 442,488$$

Costo actualizado para $X = 0.5$ gr/lt.

$$VTA = \text{US } \$ 442,488.$$

❖ **Luego determinamos la mensualidad:**

$$C_{mes} = VTA \left[\frac{i(1+i)^{T_{crf}}}{(1+i)^{T_{crf}} - 1} \right]$$

$$C_{mes} = \text{US } \$ 7165$$

❖ **Finalmente el costo variable mensual para una concentración de 0.5 gr./lt, en un rodete que acumule 59,500 toneladas sería:**

$$CV = C_{mes} / \text{Energía del mes.}$$

$$CV = 7165 / 14400$$

$$CV = 0.50 \text{ US } \$ / \text{MWH.}$$

5.4 OBTENCIÓN DEL COSTO VARIABLE ÓPTIMO.

Es el menor costo variable obtenido de aplicar el procedimiento de evaluación de los costos variables para los diferentes casos de costos que corresponden a diferentes condiciones de sólidos acumulados para su reparación (mostrados en la tabla 5.1):

- ❖ Se va construyendo la tabla para diferentes concentraciones para aproximar la función resultante del costo variable respecto a la variable de concentración de sólidos, para una frecuencia de cambio cada 59,500 Toneladas de sólidos turbinados.
- ❖ Luego se construye una tabla para diferentes condiciones de frecuencia de cambio de acuerdo a la tabla 5.1 de costos para 68,000 Toneladas, 48.450 toneladas, 31,450 Toneladas, etc.

En la Tabla N^a 5.2 se muestran los resultados de la relación lineal y directa entre el Costo variable y la concentración de sólidos para los diferentes casos mencionados:

Tabla N^o 5.2 Relación Costo variable para diferente cotizaciones de reparación

Código de fabrica de rodete	Cantidad de sólidos rodetes (ton)	Costo Total rodete US\$	Relación Costo variable (Y) v.s. concentración de sólidos (X)
S445	68.000	59.355	$Y = 1,002 X$
1-1 ^a OD115	59.500	51.870	$Y = 1,001 X$
1-1 ^a OD115,2	48540	47.992	$Y = 1,123 X$
1-1 ^a OD135-8	31.450	38.996	$Y = 1,380 X$
1-1 ^a OD123	18.575	37999	$Y = 2,210 X$

En el apéndice C se muestran el detalle de los cálculos, de lo que se concluye, que el menor costo variable se da para la siguiente condición:

	Cantidad de Sedimentos Ton	Costo cambio y Reparac US \$
Para Rodetes	59.500	51.874
Para 2 agujas y asientos	7.000	1.280

El resultado ha definido una relación lineal entre el Costo Variable (Y) en US\$ / MWh y la concentración sólidos (X) (gr/litro).

$$Y = 1,001 X$$

El detalle de la evaluación de los costos variable de la Central Hidroeléctrica de Cañón del Pato se muestra en el anexo 4.

CAPITULO VI

ANALISIS DE LOS RESULTADOS.

6.1 IMPACTO EN LOS PROGRAMAS DE DESPACHO DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL.

Hasta antes del presente estudio (Diciembre 2000) el costo marginal para las centrales hidroeléctricas era aproximadamente 0 (sólo canon de agua) y en épocas de avenidas cuando se producía vertimiento (sin presencia de térmicas) en las centrales hidráulicas como Cañón del Pato, eran despachadas proporcionalmente en función a su demanda de sus contratos hasta plena carga y ocasionaban el máximo desgaste por erosión en sus principales equipos como rodete, asiento y aguja. Sin embargo no era reconocido en el costo marginal del sistema interconectado y de continuar con esta operación podría ocasionar el deterioro prematuro con la salida de servicio y reemplazo por unidades térmicas más costosas.

Con el presente estudio se priorizó la generación de las centrales hidroeléctricas con aguas limpias o bajas concentraciones de sólidos en suspensión respecto a la Central Cañón del Pato, manteniendo un mínimo por estabilidad eléctrica del sistema de 60 MW y cuando sea convocada para generar por incremento de la demanda del sistema se le reconoce los costos

que incurrirá para la reparación de sus equipos por el desgaste erosivo que no depende de la central sino de las condiciones propias del río.

Adjuntamos los cuadros de comportamiento del costo marginal antes y después de la aplicación del estudio de costo variable para la central Cañón del Pato.

Ejemplo 1: Despacho del día 28/04/2000: Se puede observar que se incrementa la generación y con una concentración promedio de 0.2642 gr/lit se tiene mayor cantidad de sólidos turbinados que desgasta mas rápido los equipo sin reconocimiento de este mayor costo ya que el costo marginal se mantiene inalterable en todo el día a costo de agua (aproximadamente 0).

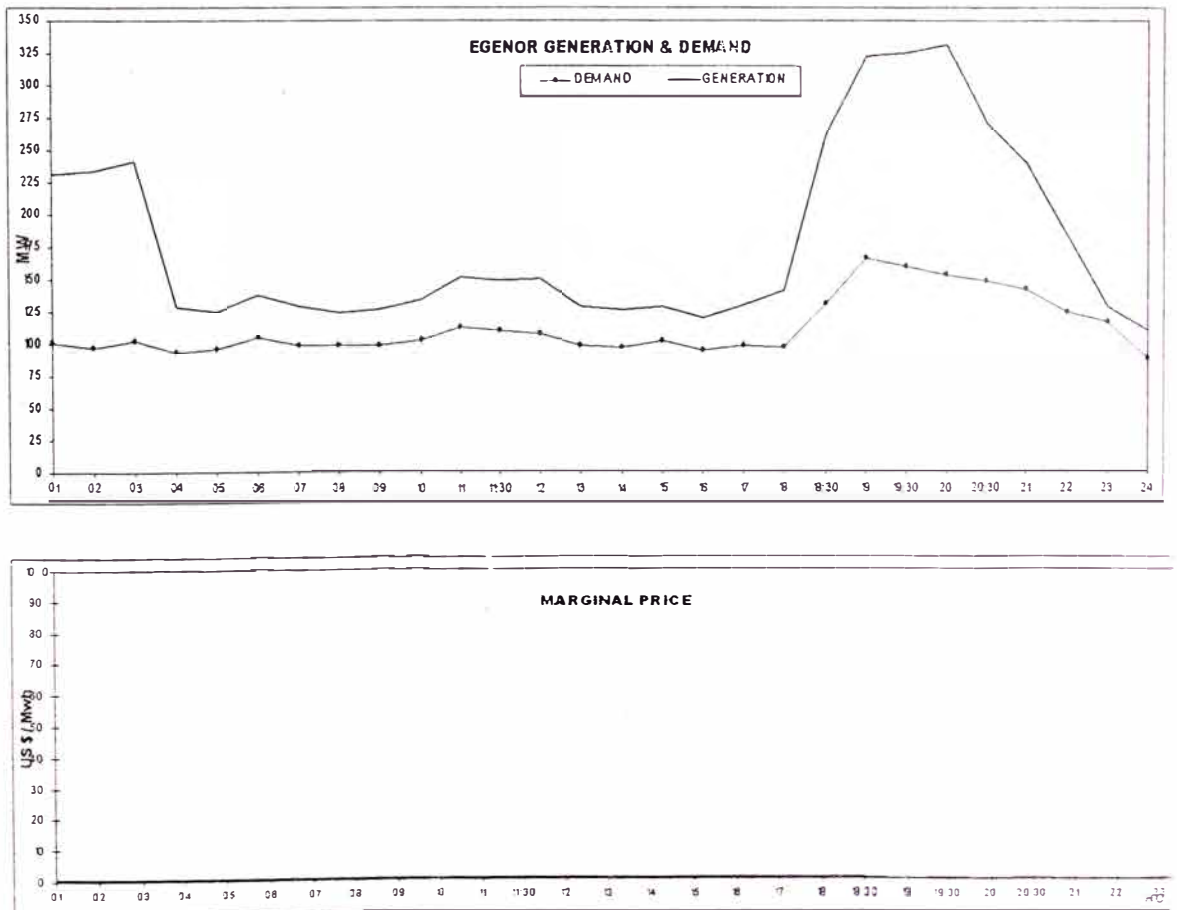


Fig. 6.1 Reporte diario de generación día 28 de abril

Si consideramos el extremo de desgastar las unidades sin reconocer el costo, la empresa no hubiera soportado económicamente estos gastos y las turbinas se hubieran deteriorado hasta su salida de servicio, con lo cual el costo marginal se hubiera elevado adicionalmente desde las 08 hasta las 18 horas (10 horas) a un costo de US \$ 100/MWH para el Sistema Interconectado cuya demanda aproximada era en esas horas de aproximadamente 2000 MW, el cálculo del sobrecosto diario sería:

$$\text{Sobrecosto} = (100 - 2.23) \text{ \$/MWH} * 2000 \text{ MW} * 10 \text{ H} = \text{US \$ } 1,955,400.$$

El valor de la energía se incrementaría aproximadamente en 2 Millones de dólares diarios, que luego se hubiera trasladado a los usuarios finales.

6.2 IMPACTO ECONÓMICO EN LA EMPRESA.

Si tomamos en cuenta las 12 reparaciones anuales que realiza la empresa al costo aproximado de US \$ 51,000 por cada una, se obtiene un gasto total US\$ 612,000 que anteriormente era asumida por la empresa y no era sostenible en el tiempo porque no era reconocida en el costo marginal del Sistema Interconectado, lo cual se llegaba a situaciones críticas cuando en épocas de vertimiento en donde las concentraciones son las más elevadas con mayores desgastes en menor tiempo, comparativamente a las otras Centrales que normalmente reparan entre 1 ó 2 rodetes cada dos o tres años.

Sólo en las horas que operaba acompañada de una central térmica su impacto era nulo porque el costo marginal de la central térmica era superior al costo marginal calculado en el presente estudio.

Estimamos que las otras centrales que tienen menor desgaste obviamente tienen un costo marginal menor por esta razón también se benefician indirectamente ya que con el costo obtenido en el presente estudio se encuentran cubiertos por este efecto de desgaste en épocas de avenidas para su central.

Los costos obtenidos en las reparaciones con personal y equipamiento propio en los talleres ubicados en la misma central, son las más bajas que las se obtendrían en el mercado nacional lejos de nuestras instalaciones, en cotizaciones efectuadas en el mercado local estas reparaciones se encuentran en el orden de los US \$ 100,000 incluido el transporte y el seguro, factores muy relevantes por el camino de acceso que se limitaría a la ruta de Huallanca – Chimbote – Lima, la misma que en épocas de avenidas siempre se producen interrupciones y se asumiría mayores riesgos por su traslado, o los tiempos se alargarían y podrían ocasionar interrupciones parciales de generación. Es decir para las doce reparaciones tendríamos un presupuesto total para mantener los rodetes operativos de US \$ 1,200,000 con riesgos adicionales. En este caso el costo variable se podría incrementar en 2 veces aproximadamente.

Otra alternativa hipotética de la empresa, hubiera sido no reparar hasta reponer los rodetes por desgaste mayor, para lo cual sabemos que para evitar deformaciones irreversibles (roturas) de las cucharas los fabricantes recomiendan no exceder en 25% de desgaste en el espesor de los álabes y el costo de un rodete nuevo es de aproximadamente US \$ 350,000. Luego si consideramos que el peso de una cuchara es de 173 Kg. y la pérdida de peso óptima para 59,500 toneladas de sólidos turbinados de la tabla 4 sería de aproximadamente 400 Kg para las 20 cucharas obtenemos una pérdida por cada cuchara de 20 Kg. que respecto al peso inicial que representa el 11.5 %; es decir en dos periodos similares de operación (119,000 toneladas) si consideramos el comportamiento del desgaste fuera lineal tendríamos 23 % de desgaste y sabemos que por la cavitación el desgaste se hace exponencial.

Ahora si comparamos 2 ciclos de reparaciones el costo sería US 103,748 (US \$ 51,874 x 2), con la opción de no reparar tendríamos que invertir en su renovación US \$ 350,000, con lo cual el costo variable se incrementaría en más de 3 veces.

6.3 NUEVAS TÉCNICAS DE RECUBRIMIENTO Y SU APLICACIÓN.

Posterior a la aplicación de este costo hemos venido realizando pruebas de recubrimiento cerámico de carburo de tungsteno con espesores entre 0,3-0,5 mm, en los principales elementos, desarrollado por las principales firmas fabricantes de ruedas como son: GE Hydro, Sulzer ahora VAtch, entre otros nacionales.

Sin embargo sólo el costo de estas aplicaciones se mantienen en costos elevados que llega a superar hasta 5 veces el costo de reparación del conjunto aguja y asiento aproximadamente US \$ 6,000, y 1.5 veces el costo de reparación de rodets aproximadamente US \$ 73,000.

Los resultados preliminares arrojan que sólo en el caso de agujas el costo puede disminuir por el mayor periodo de operación ya que su recambio se incrementa hasta 10 veces del periodo sin recubrimiento, sin embargo el impacto en el costo es de sólo el 10 %, para lo cual se tendría que efectuar una nueva estructura considerando nuevos periodos y el ciclo de aplicación de la nueva técnica que pasa por el retiro del material recubierto con cuchillas mas duras, luego el ciclo de reparación normal y al final el costo de aplicación en talleres externos, que podría a igualarse en el costo de actualización para el tercer decimal de aproximación.

Sin embargo para el caso de toberas, asientos y rodets el periodo de recambio no llega a superar el periodo sin recubrimiento, y si bien es cierto la perdida de peso es menor al anterior, se produce en forma localizada en áreas mas pequeñas que pueden llegar a perforar el elemento desgastado.

En ambos casos primero se debe conseguir que el recubrimiento no se desprenda en forma localizada para no llegar al retiro de las otras zonas con recubrimiento y tenga que someterse a reparaciones generales, y solo se proceda recuperar el espesor del recubrimiento.

Adjuntamos vistas de los resultados de estas pruebas.



Fig. 6.3 Desprendimiento localizado del recubrimiento en fondo del cangilón

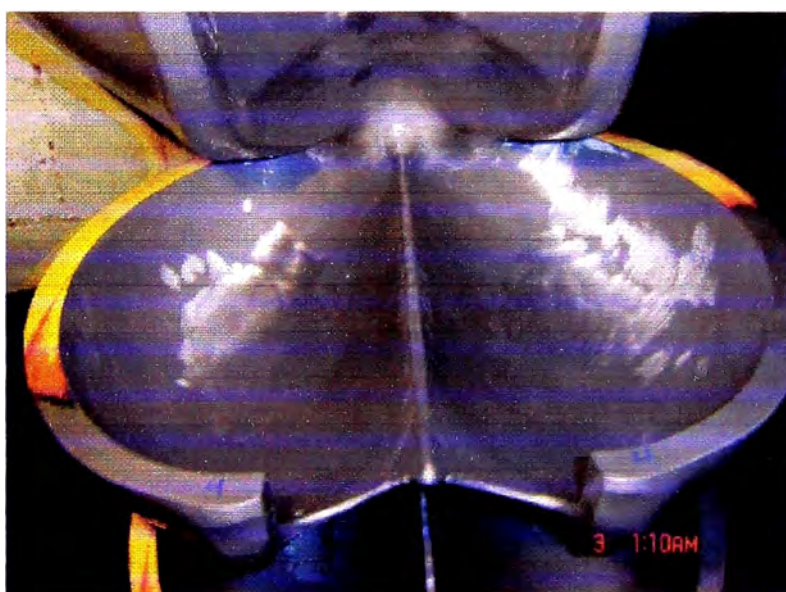


Fig. 6.4 Desprendimiento localizado del recubrimiento en raíz del cangilón

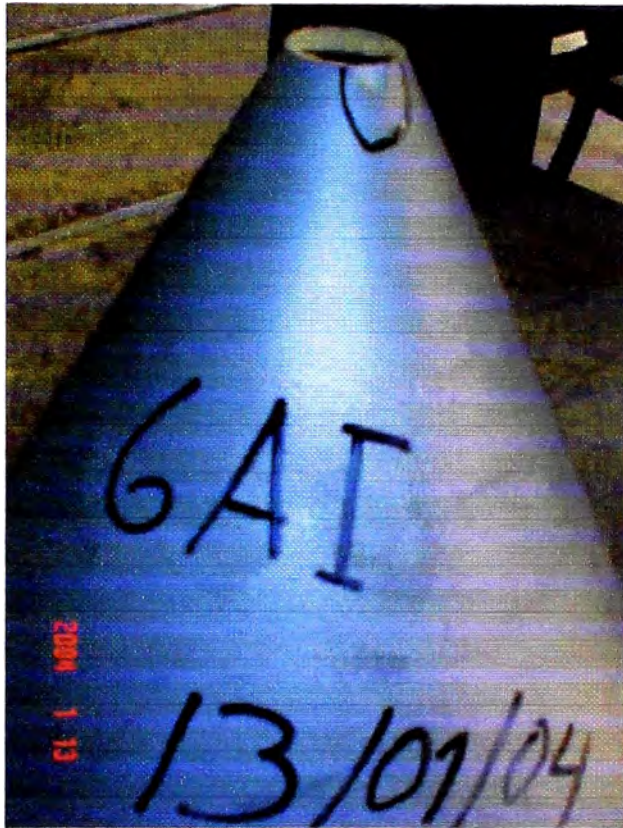


Fig. 6.5 Agujas con Desprendimiento en punta

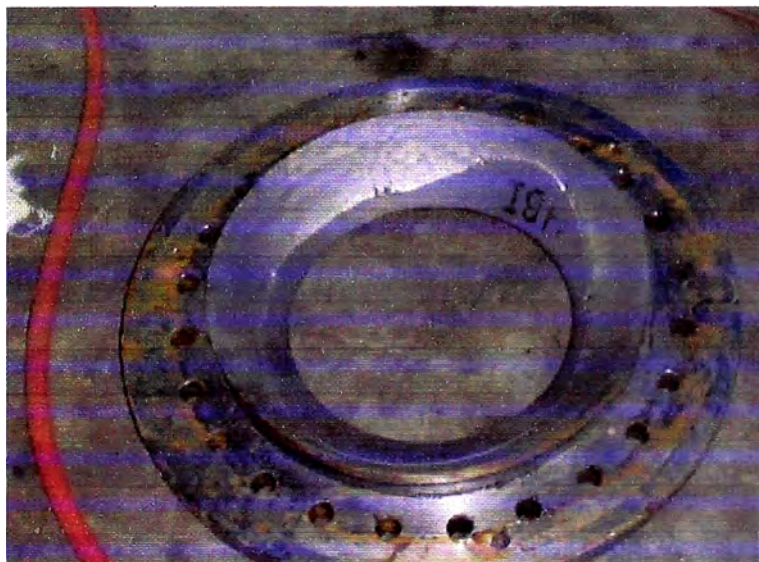


Fig. 6.6 Desprendimiento en Asiento



Fig. 6.7 Pruebas de recubrimiento del proveedor Vatech

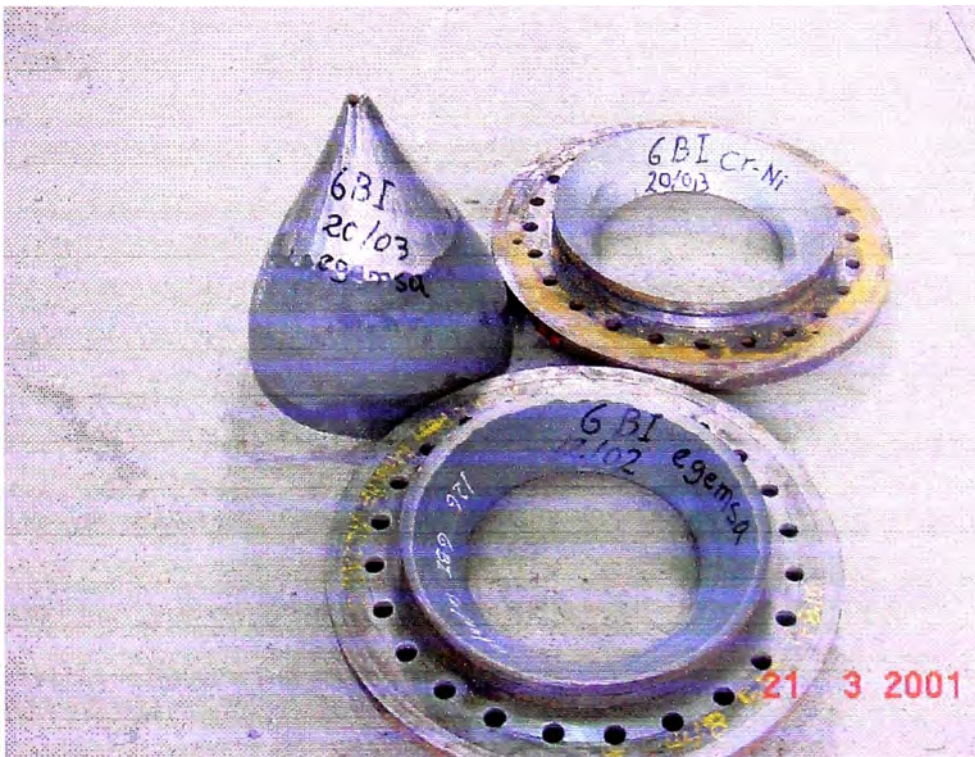


Fig. 6.8 Pruebas de recubrimiento del proveedor Egemsa

CONCLUSIONES

El costo variable óptimo expresado en dólares, se presenta para la condición de 59,500 toneladas de sólidos turbinados, con un costo por reparación de rodete de US \$ 51,870 y para el conjunto de 2 agujas y asientos se presenta para la condición de 7,000 toneladas de sólidos turbinados, con un costo por reparación de US \$ 1280, para lo cual se obtiene la siguiente función lineal para el costo variable:

$$\text{Costo Variable (\$/MWH)} = 1.001 * \text{Concentración (gr/lit)}.$$

En caso no se hubiera reconocido este costo variable, el gasto anual para reparar su equipamiento principal ascendente a US \$ 612,000 para rodetes y aproximadamente US \$ 61,000 para agujas y asientos, lo haría insostenible para cualquier empresa y se pudo llegar a indisponibilidades prolongadas de la central aproximadamente 6 meses (tiempo de reparación) a un sobre costo de generación de energía en el Sistema Interconectado Nacional que podría llegar hasta 2 millones de dólares diarios que se trasladaría a los usuarios finales en el precio regulado en barra.

La alternativa mas económica y de menor riesgo para la reparación de los rodetes es que se realice en sus talleres y con personal propio, por el tiempo, traslado y su personal especializado.

En caso no se reparen los rodets se deberían renovar los rodets cada 119,000 toneladas de sólidos turbinados, que en tiempo si la concentración de sólidos fuera de 0.5 gr/lit se tendría que invertir en comprar nuevos rodets cada 14 meses, y para las 6 unidades necesitamos 12 rodets a US \$ 350,000 cada uno.

Con este costo variable obtenido se sinceran los costos marginales del sistema interconectado y hacen sustentable mantener la operación y mantenimiento de los equipos que sufren desgaste por las condiciones hidrológicas propias del río.

El procedimiento seguido puede ser aplicado de manera general para cualquier tipo de rodete, pero se debe construir su propia base de datos de acuerdo a las características de rendimiento de la central, recomendaciones de reparación del fabricante de los equipos y a los lineamientos descritos en el presente informe, es decir:

- a. Definir el equipamiento que se ve afectado con la erosión, abrasión, cavitación o corrosión del agua turbinada.
- b. Verificar la característica de los sólidos en suspensión en el agua turbinada.
- c. Evaluar el mejor procedimiento para la medición de los sólidos turbinados.
- d. Establecer la base de datos que permita relacionar el control del desgaste con los sólidos o materiales en suspensión en forma acumulativa por cada equipo afectado (en esta parte se puede reducir al control de los equipos mas costosos de reparación).
- e. Establecer la estructura de costos para diferentes condiciones de reparación que no ponga en riesgo el equipamiento, ya sea en base a sólidos acumulados

o dimensiones originales del fabricante, para la búsqueda del costo óptimo de reparación en función a los meses y ciclos de trabajo.

- f. Hacer el cálculo del costo variable para diferentes concentraciones o dimensiones, para establecer la función que los correlaciona.
- g. Obtener el costo óptimo (menor costo) para las diferentes funciones obtenidas en el paso anterior.
- h. Para sustentar el valor óptimo la base de datos debe considerar diferentes condiciones de reparación.

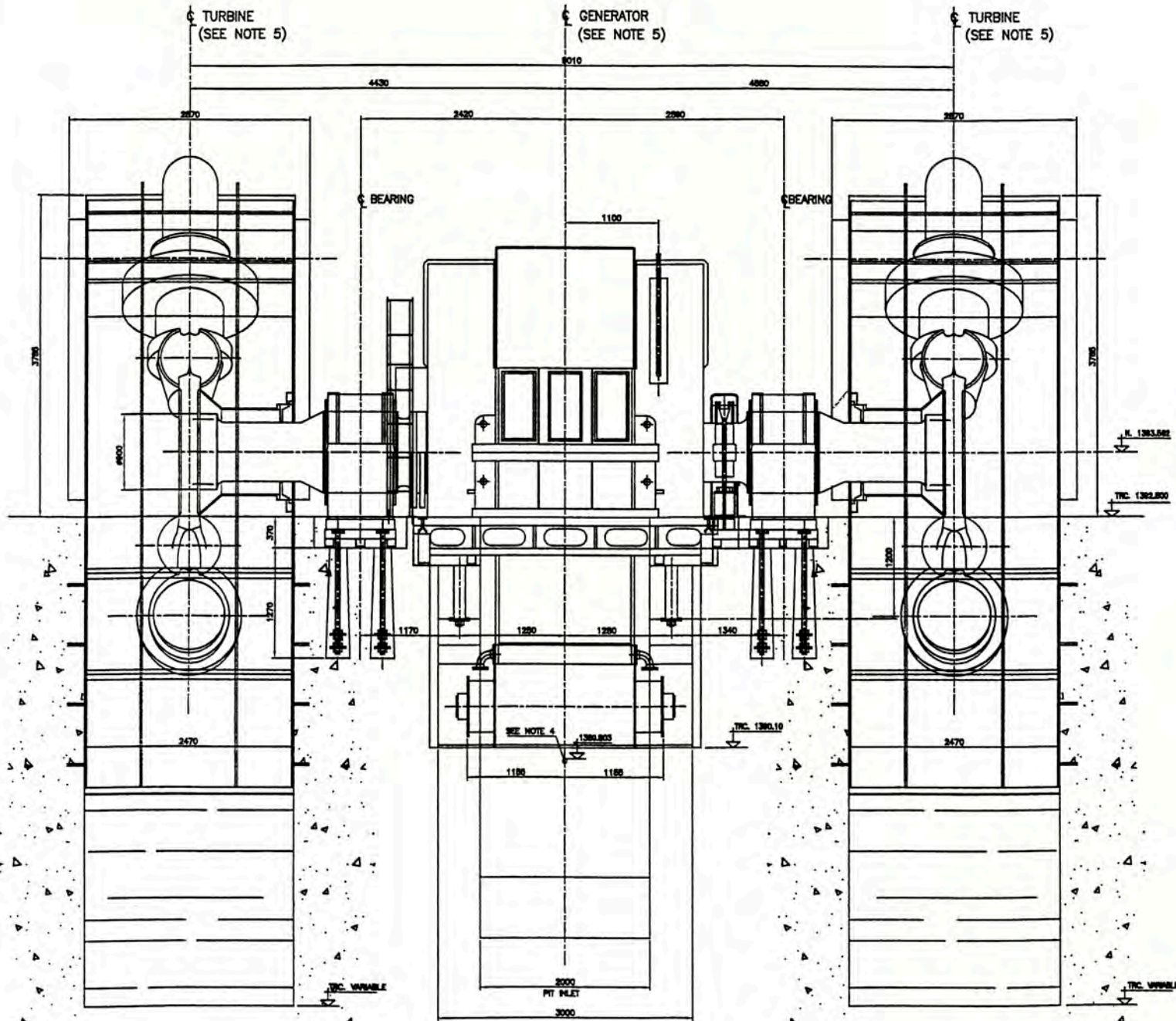
Por último en caso que existan nuevas técnicas más económicas de recuperación o reparación de estos equipos, se debe construir una nueva base de datos y hacer el recálculo respectivo.

BIBLIOGRAFIA.

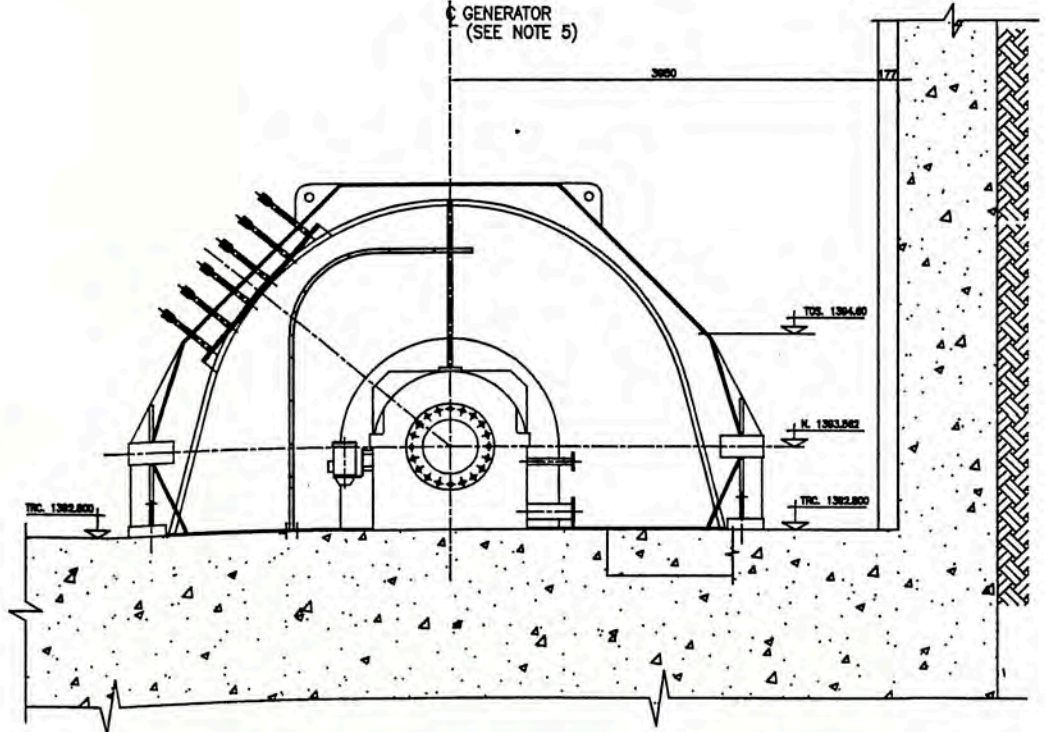
- Evaluación del Proceso de Privatización – Sector de Electricidad, de Julio del 2000 hecho por la Comisión de Promoción de la Inversión Privada.
- Estadística de operaciones del COES SINAC 2005.
- Ley de Concesiones Electricas y su Reglamento.
- Mantenimiento Hidraulico de Turbinas Pelton de Cañón del Pato, de Voith Siemens Hydro Power Generation Ltda, Hans Poll, G Pollacoy Helio Moino.
- Reporte Técnico: Desgaste por corrosión, erosión y cavitación en impulsores hidráulicos – Reparación por soldadura de OERLICON.

PLANOS

**Disposición de
equipos en caja
de turbina**



SECTION C
SC. 1/30



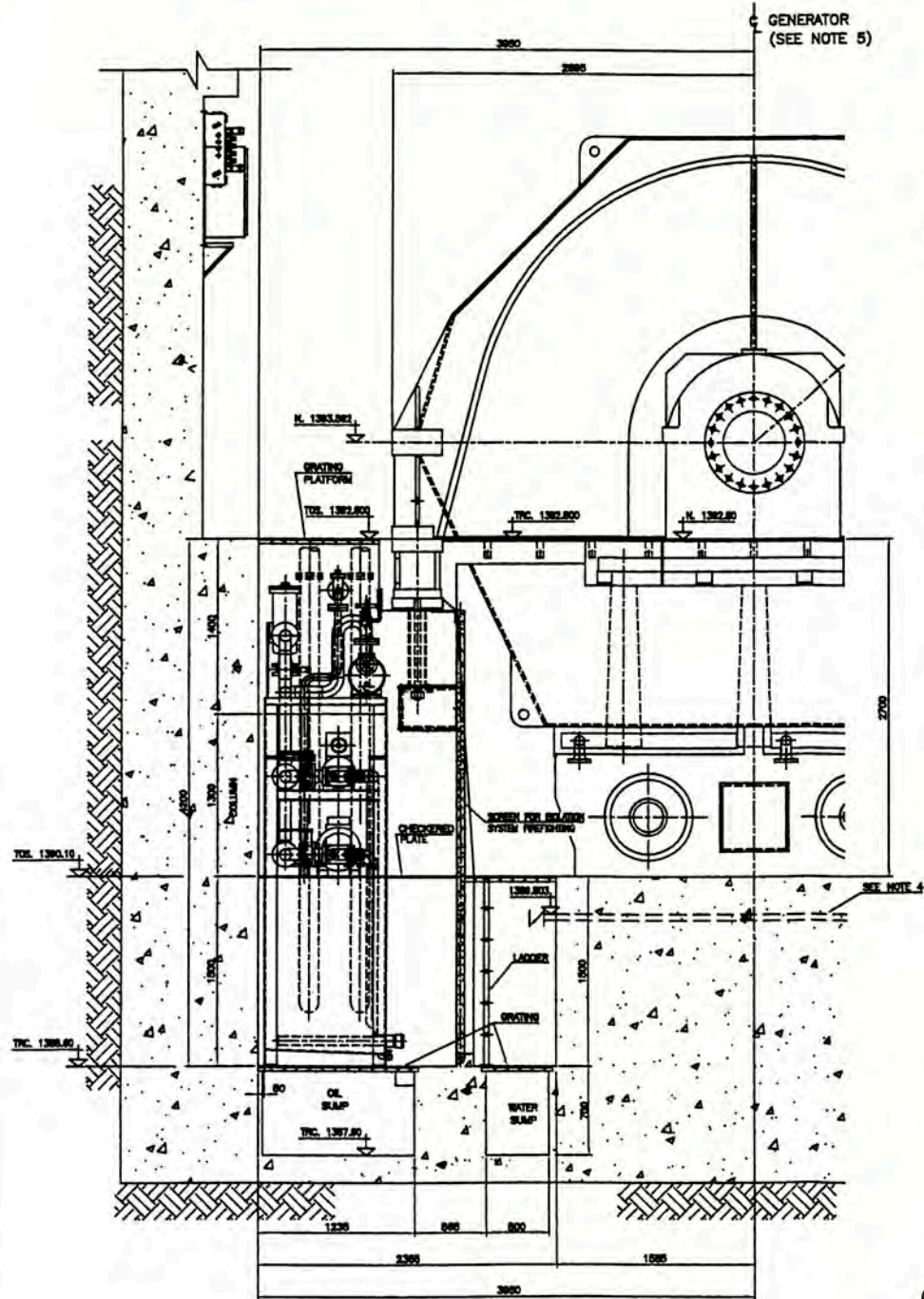
SECTION D
SC. 1/30

- GENERAL NOTES**
- 1.- ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
 - 2.- ALL LEVELS ARE IN METERS.
 - 3.- ALL DIMENSIONS, SHOWN IN EXISTING STRUCTURES, HAVE BEEN WORKED ACCORDING TO THE REFERENCE DRAWINGS.
 - 4.- A 2" PVC PIPE EMBEDDED WAS PLACED FOR INSTALLATION OF SUMP PUMP PIPING. CONTRACTOR VERIFIED THESE DIMENSIONS AND MADE ALL NECESSARY MODIFICATIONS.
 - 5.- THIS ARRANGEMENT IS VALID FOR ALL GROUPS TURBINE-GENERATOR.

AS BUILT DRAWING

- REFERENCE DRAWING**
- EM-01 POWERHOUSE EQUIPMENT - GENERAL ARRANGEMENT - PLAN
 - EM-03 TURBINES AND GENERATORS - GENERAL ARRANGEMENT - GROUP TURBINE-GENERATOR
 - EM-04 Sh1/3 TURBINES AND GENERATORS - GENERAL ARRANGEMENT - GROUP TURBINE-GENERATOR - SECTIONS
 - EM-04 Sh2/3 TURBINES AND GENERATORS - GENERAL ARRANGEMENT - GROUP TURBINE-GENERATOR - SECTIONS

PROJECT CODE 1289	FILE EM0000-04	 ABB POWER GENERATION INC.	PROJECT EGENOR S.A. Empresa de Generación Eléctrica Nor Perú S.A. CAJON DEL PATO - HYDROELECTRIC FACILITY - EXPANSION TO 240 MW	 GyM S.A.		
DESIGNED J. FERNANDEZ	DRAWING CHECK MULLER/SH/1289		TITLE TURBINE AND GENERATORS GENERAL ARRANGEMENT GROUP TURBINE - GENERATOR - SECTIONS			
DRAWN F. GUYA R.	APPROVED A. BLANDE P.	 GMI S.A.	SC. 1/30	CODE EM-04 Sh2/3	REV. No 1	<small> FIRMAS DE LA EMPRESA, DEL PROYECTISTA Y DEL CLIENTE EN SU LUGAR </small>
				DWG AUG. '98		



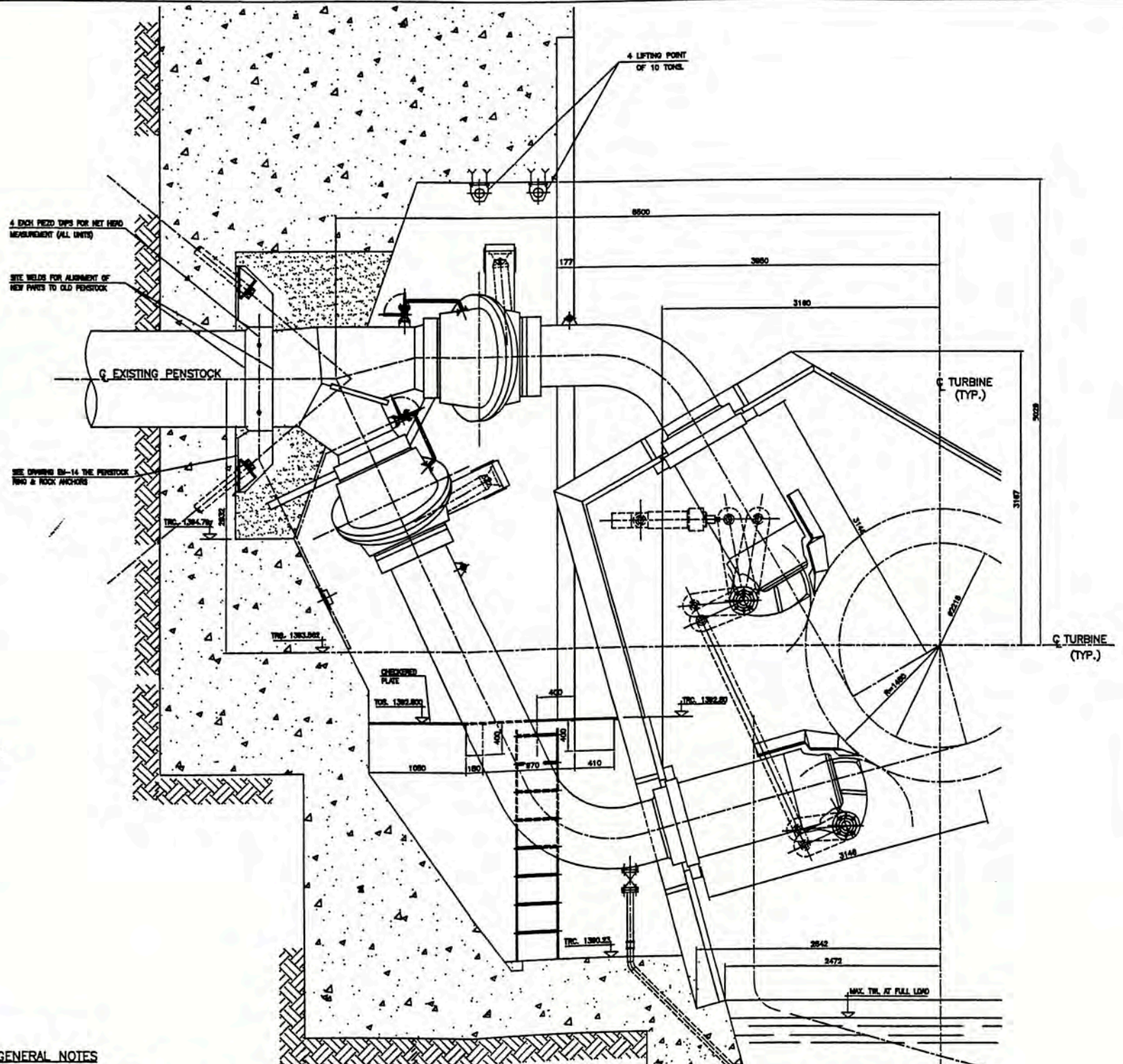
SECTION A
SC. 1/25
EM-03

GENERAL NOTES

- 1.- ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
- 2.- ALL LEVELS ARE IN METERS.
- 3.- ALL DIMENSIONS SHOWN IN EXISTING STRUCTURES, HAVE BEEN WORKED ACCORDING TO THE REFERENCE DRAWINGS.
- 4.- PLACE A 2" PVC PIPE EMBEDDED FOR INSTALLATION OF SLUMP PLUMP PIPING. CONTRACTOR VERIFIED THESE DIMENSIONS AND MADE ALL NECESSARY MODIFICATIONS.
- 5.- THIS ARRANGEMENT IS VALID FOR ALL GROUPS TURBINE-GENERATOR.

REFERENCE DRAWING

- EM-01 POWERHOUSE EQUIPMENT - GENERAL ARRANGEMENT - PLAN
- EM-03 TURBINES AND GENERATORS - GENERAL ARRANGEMENT - GROUP TURBINE-GENERATOR
- EM-04 SH2/3 TURBINES AND GENERATORS - GENERAL ARRANGEMENT - GROUP TURBINE-GENERATOR - SECTIONS
- EM-04 SH3/3 TURBINES AND GENERATORS - GENERAL ARRANGEMENT - GROUP TURBINE-GENERATOR - SECTIONS



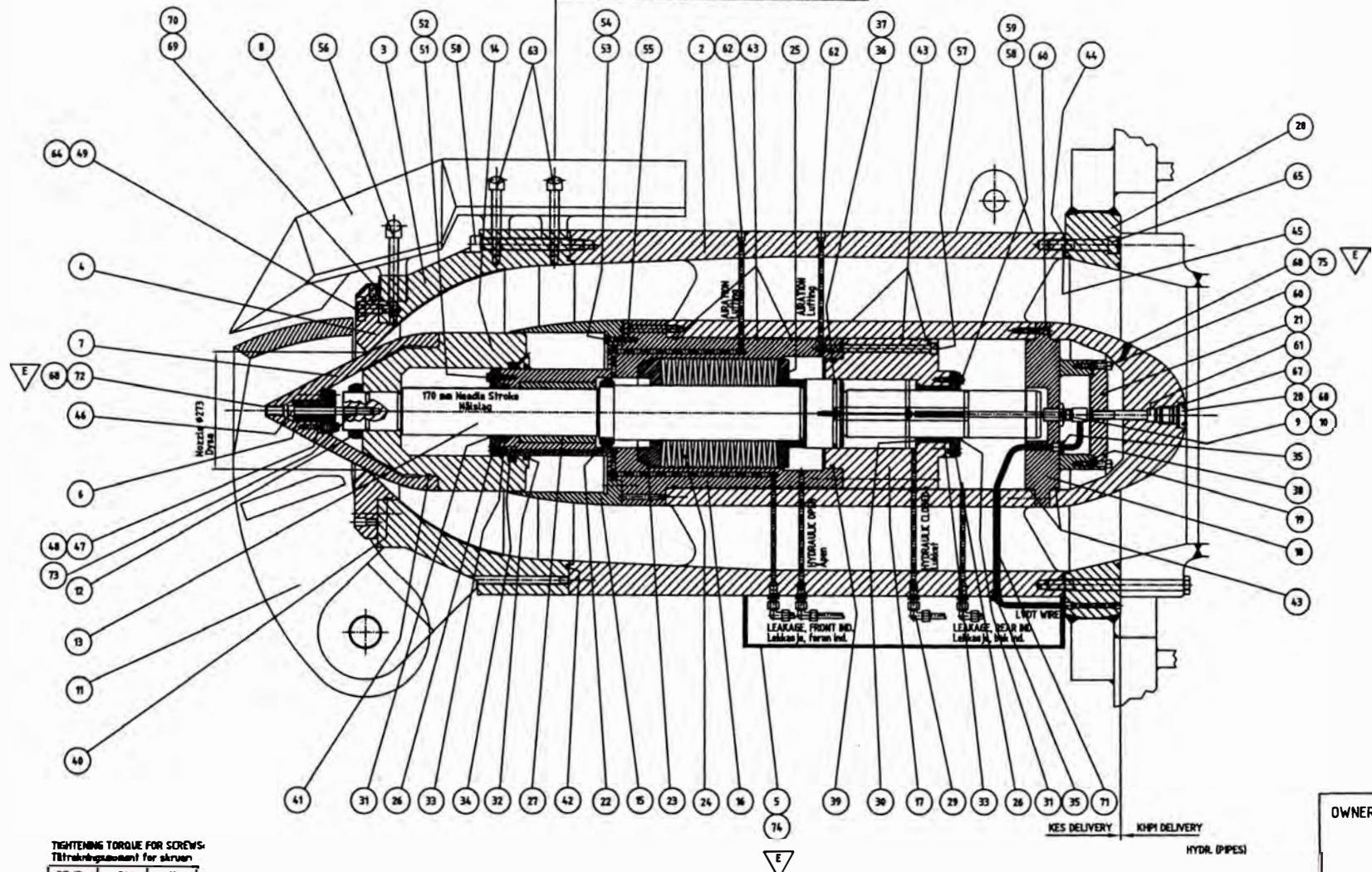
SECTION B
SC. 1/25
EM-03

AS BUILT DRAWING

 	PROJECT: EGENOR S.A. Empresa de Generación Eléctrica Nor Perú S.A. CAJON DEL PATO - HYDROELECTRIC FACILITY - EXPANSION TO 240 MW	
	TITLE: TURBINES & GENERATORS GENERAL ARRANGEMENT GROUP TURBINE - GENERATOR - SECTIONS	
PROJECT CODE: 1288 FILE: EM000004 DESIGNED: F. CUYA R. APPROVED: A. OLAVIDE P.	DATE: 1/25 DATE: AUG. '90 CODE: EM-04 Sh1/3 REV. NO: 1	BASE DE LA EMPRESA, GYM TELÉFONO: 011 422 1111 LIMA - PERÚ

**Inyector, aguja
y asiento.**

SHIELD FOR NOZZLE, PT. AND SCREWS PT. 54/ 63 ONLY MOUNTED ON LOWER BEAK.
 Pyltär, pos. 8 on skruvut pos. 54/63 asennat kum al miedra munnstribelärr.



TIGHTENING TORQUE FOR SCREWS:
 Tiirakiväntömomentit für skruvar

PT./Pos.	DIM.	Nm
46	M16x34.8	187
47	M18x70	44
49	M20x69	364
50	M24x24.0	472
51	M18x50	44
53	M18x60	44
55	M16x170	187
56	M20x180	273
57	M16x250	179
58	M18x50	41
60	M12x60	76
61	M20x130	364
63	M20x150	364
65	M24x14.0	570

PRESSURE TESTING:
 Trykköproving

ITEM/Detail	BAR	DURATION Tid	MEDIUM
ITEM 9	165	30 min	OIL/Oilja
ITEM 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74	72	30 min	WATER/Vatten

SERVOMOTOR IS TO BE OPERATED 100 CYCLES BEFORE PRESSURE TESTING.
 Servomotori provaköörä 100 säig för trykköproving.

BEFORE TESTING OF ITEM 9, CONTACT ENG. OFFICE.
 För testning av pos. 9, kontakt ingenjörskontor.

MOUNTING INSTRUCTION PT. 27 : SEE DWG. 395936.
 Monteringsinstruktion pos. 27 : Se teckning 395936.

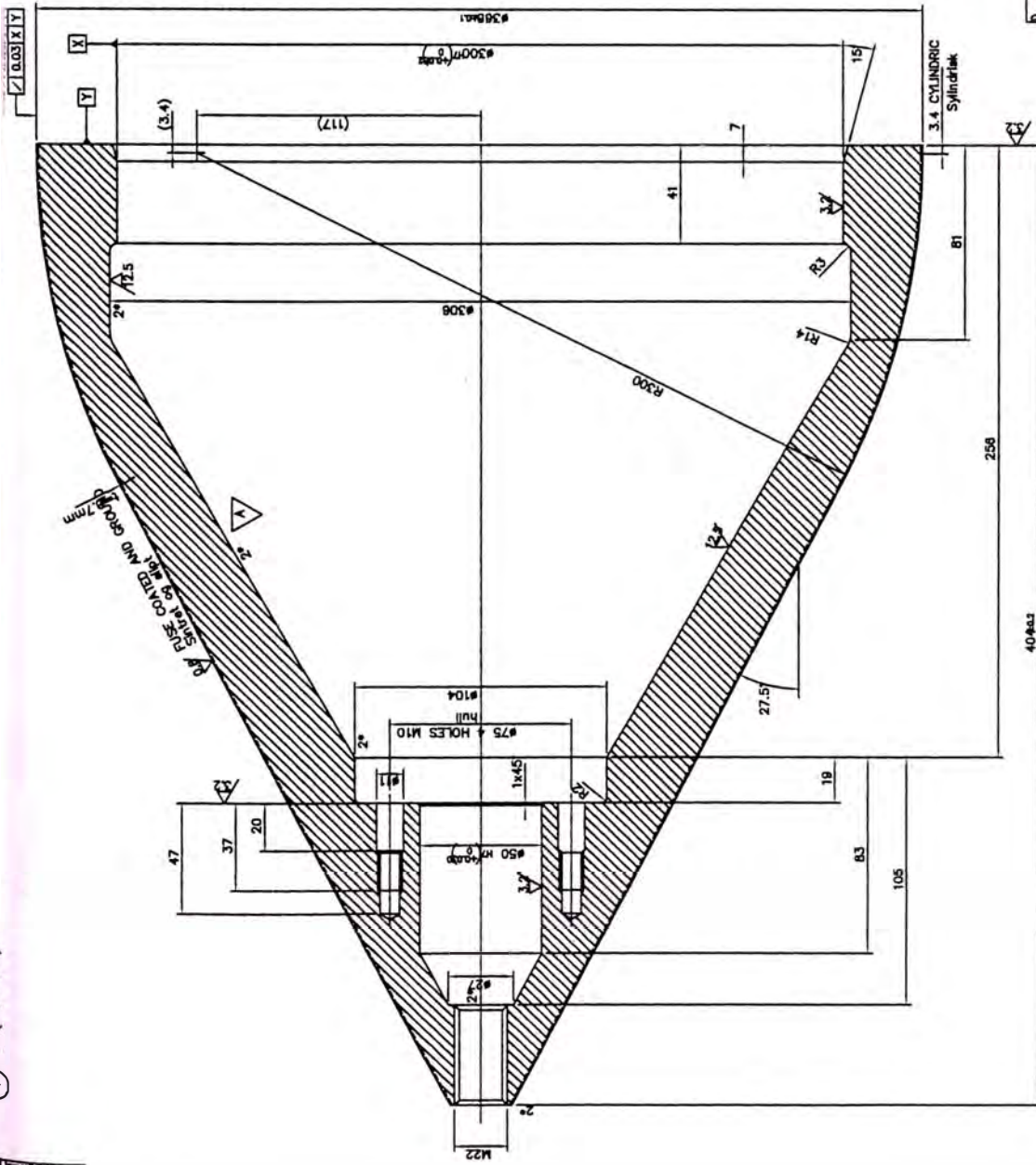
OWNER'S REVIEW STAMP

ITEM	QTY	REVISION	DATE	BY	CHKD	APP'D	REMARKS
104	1						
105	1						
106	1						
107	1						
108	1						
109	1						
110	1						
111	1						
112	1						
113	1						
114	1						
115	1						
116	1						
117	1						
118	1						
119	1						
120	1						

PELTON TURBINE
 INJECTOR
 ASSEMBLED
 Näiservomotor
 Sammenstilt

Kvaerner Energy a.s.
 Norway

395715 E

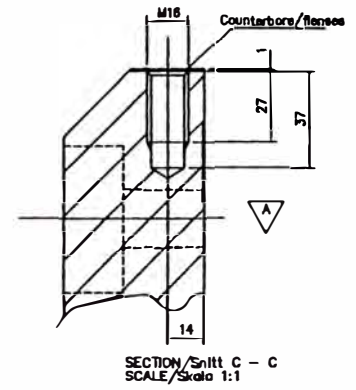
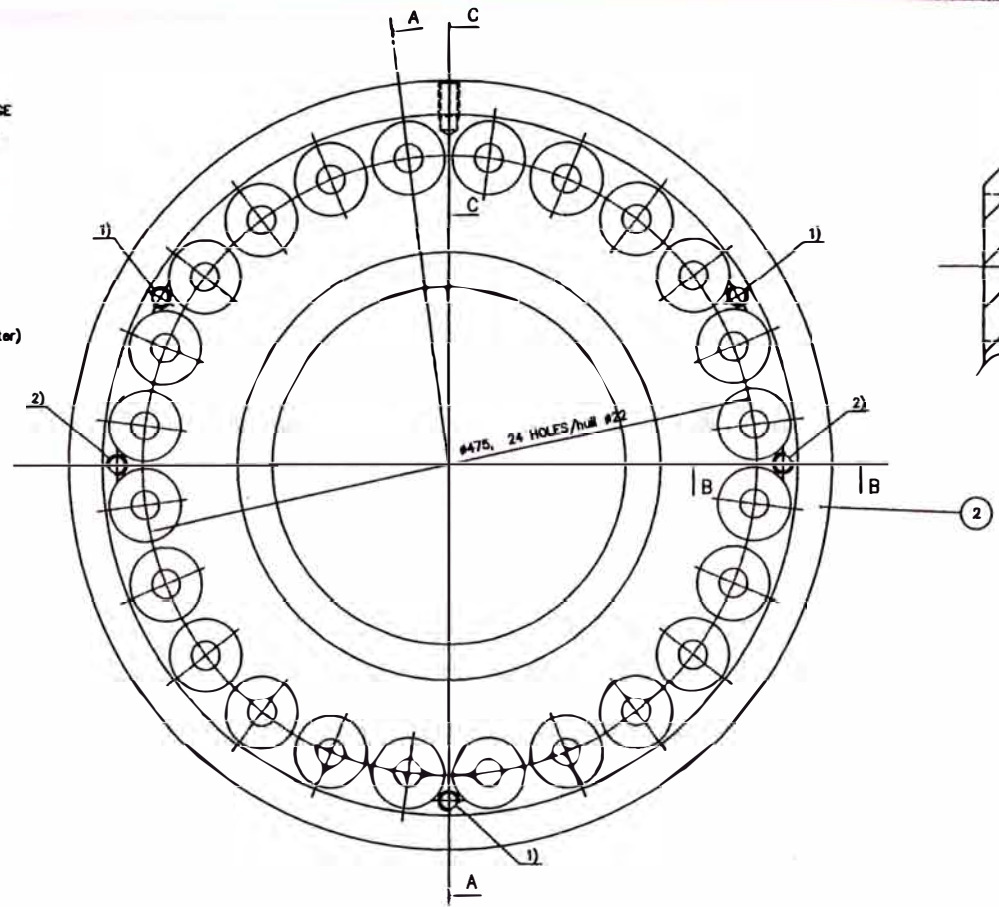
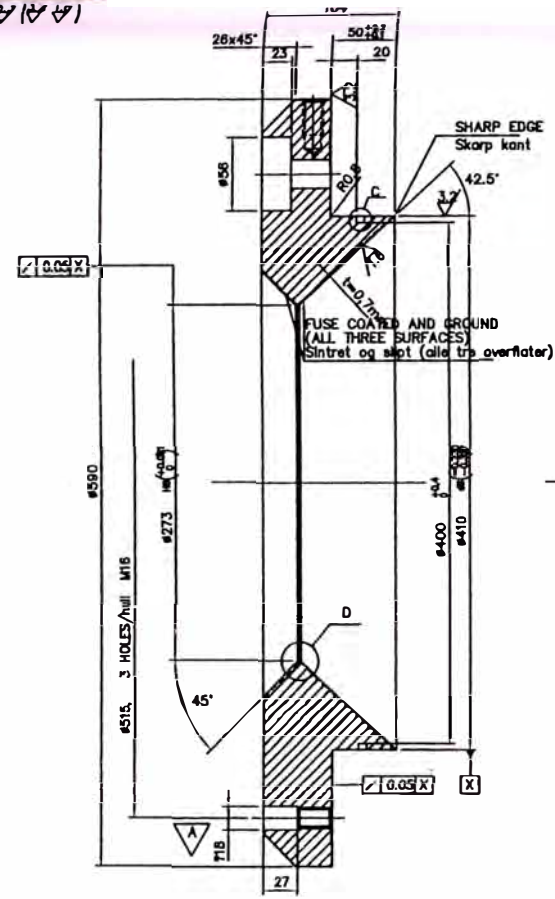


Order No.	Part No.	Part Name	Material	Quantity	Unit	Remarks
0	1D	1D	1D	1	D	395718
1	1D	1D	1D	1	D	395718
2	1D	1D	1D	1	D	395718
3	1D	1D	1D	1	D	395718
4	1D	1D	1D	1	D	395718
5	1D	1D	1D	1	D	395718
6	1D	1D	1D	1	D	395718
7	1D	1D	1D	1	D	395718
8	1D	1D	1D	1	D	395718
9	1D	1D	1D	1	D	395718
10	1D	1D	1D	1	D	395718
11	1D	1D	1D	1	D	395718
12	1D	1D	1D	1	D	395718

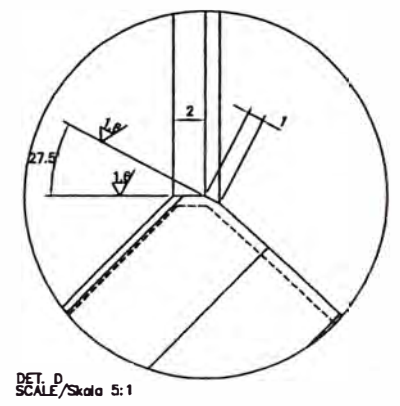
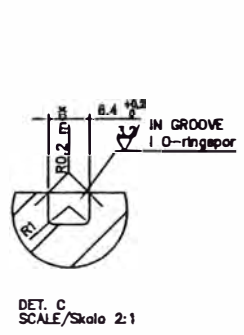
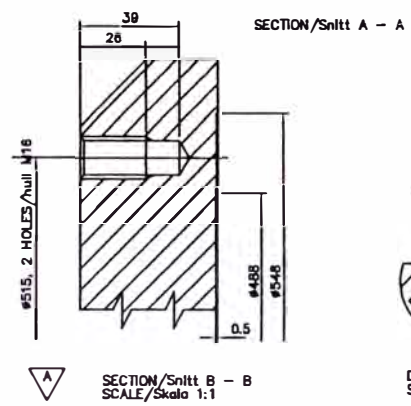
Order No.	Part No.	Part Name	Material	Quantity	Unit	Remarks
0	1D	1D	1D	1	D	395718
1	1D	1D	1D	1	D	395718
2	1D	1D	1D	1	D	395718
3	1D	1D	1D	1	D	395718
4	1D	1D	1D	1	D	395718
5	1D	1D	1D	1	D	395718
6	1D	1D	1D	1	D	395718
7	1D	1D	1D	1	D	395718
8	1D	1D	1D	1	D	395718
9	1D	1D	1D	1	D	395718
10	1D	1D	1D	1	D	395718
11	1D	1D	1D	1	D	395718
12	1D	1D	1D	1	D	395718

Order No.	Part No.	Part Name	Material	Quantity	Unit	Remarks
0	1D	1D	1D	1	D	395718
1	1D	1D	1D	1	D	395718
2	1D	1D	1D	1	D	395718
3	1D	1D	1D	1	D	395718
4	1D	1D	1D	1	D	395718
5	1D	1D	1D	1	D	395718
6	1D	1D	1D	1	D	395718
7	1D	1D	1D	1	D	395718
8	1D	1D	1D	1	D	395718
9	1D	1D	1D	1	D	395718
10	1D	1D	1D	1	D	395718
11	1D	1D	1D	1	D	395718
12	1D	1D	1D	1	D	395718

Material	Material	Material	Material



NOTE / Merki
1): See section / So snitt A - A
2): See section / So snitt B - B

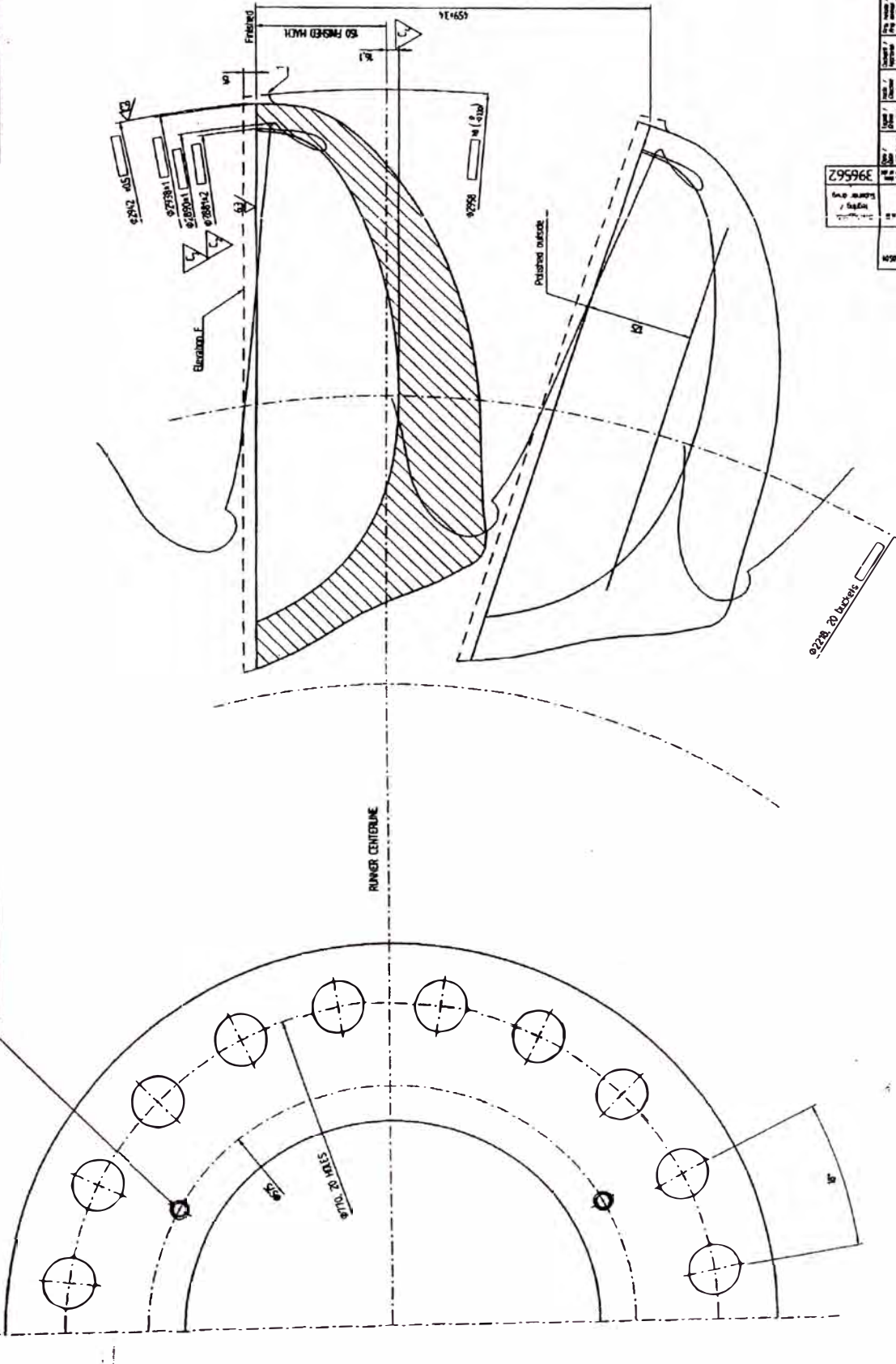


D	1D	1D	1D	1D	1	3	INSPECTION PLAN / Kontrollplan	395398	
V	48 V	8 V	8 V	1 V	1	2	NOZZLE SEAT RING #400 x 110 x 96 / Setering, anode	396825-1	EN10025 P355NL1M00
	48	8	8	1	8	1	NOZZLE SEAT RING #500 x 273 x 10 x 96 / Setering	395717	
							Scale / Skala	1:2	ISO 2768-1m
							Material	Kvaerner Energy a.s. Norway	
							Part Name	395717 A	

**Rodete y Alabe
Tipo Kvaerner.**

Rev	Ln	U/L	Desc
B2	9/10/70	Dimension	Ø 770 work Ø 700
B3	9/10/70	Dimension	Ø 61101 work Ø 56
C1	9/10/72	Ø 2720	deleted
C2	9/10/72	Ø 2807	changed to Ø 2881
C3	9/10/72	Ø 2808	changed to Ø 2870
C4	9/10/72	Dimension	for the notch changed
D	9/10/72	Drawing	changed acc. to list

3 HOLES FOR MOUNTING BOLTS, EQUALLY SPACED



396562	Part No.	396562
805	Expansion	805
805	Expansion	805
805	Expansion	805
805	Expansion	805

396562	Part No.	396562
805	Expansion	805
805	Expansion	805
805	Expansion	805
805	Expansion	805

187471

101

396562

805

805

805

805

805

805

805

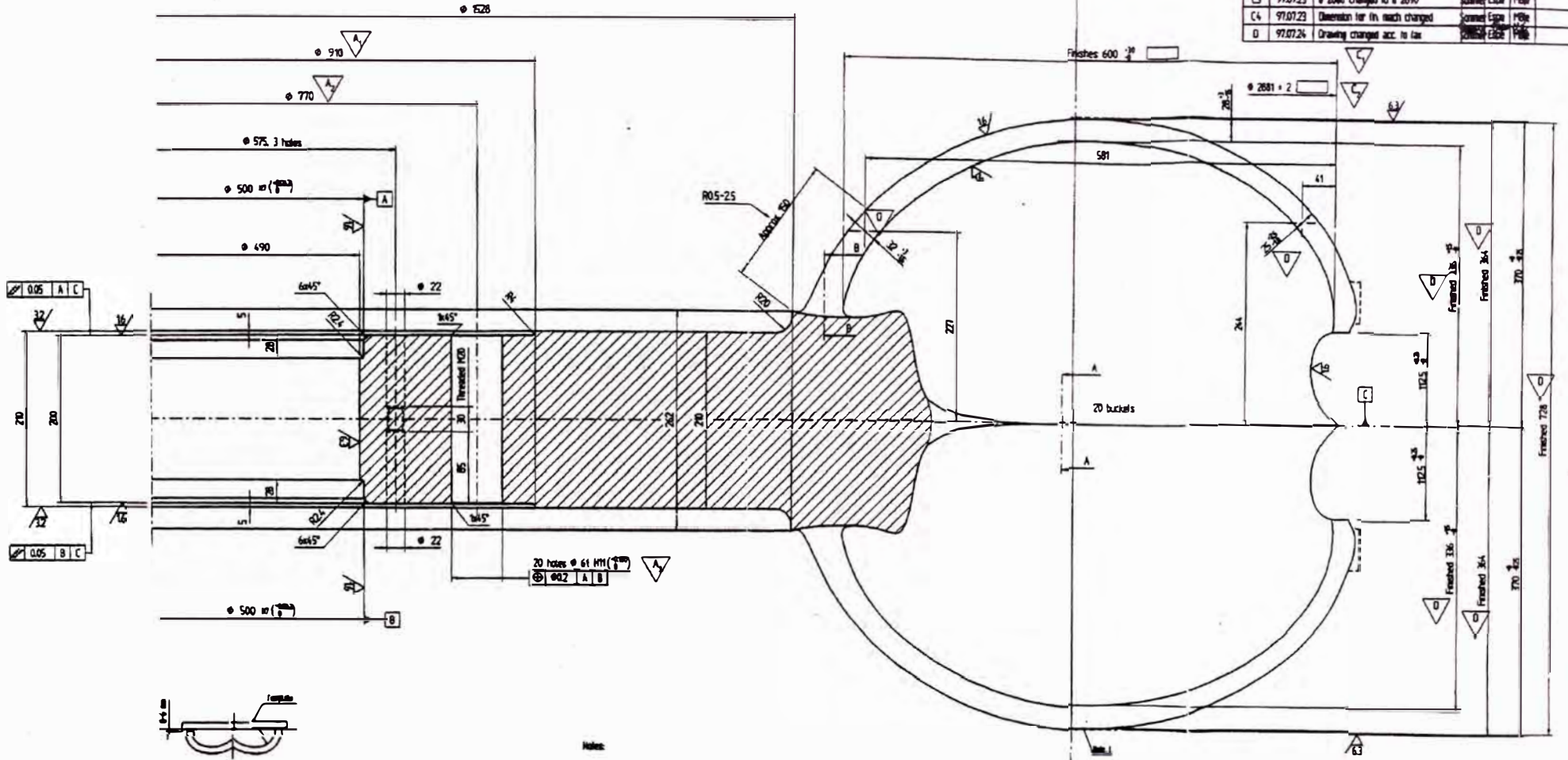
805

805

805

805

No.	Date	Description	By	Appr.
A	97.07.24	Final drawing	RM	
B1	97.07.10	Dimension ϕ 970 was ϕ 840	Espe	Lin Lig
B2	97.07.10	Dimension ϕ 770 was ϕ 700	Espe	Lin Lig
B3	97.07.10	Dimension ϕ 61 HTI was ϕ 56	Espe	Lin Lig
C1	97.07.23	ϕ 2920 deleted	Summer	Espe MRC
C2	97.07.23	ϕ 2873 changed to a 2881	Summer	Espe MRC
C3	97.07.23	ϕ 2886 changed to a 2890	Summer	Espe MRC
C4	97.07.23	Dimension for fit, mach changed	Summer	Espe MRC
D	97.07.24	Drawing changed acc. to fit	Summer	Espe MRC



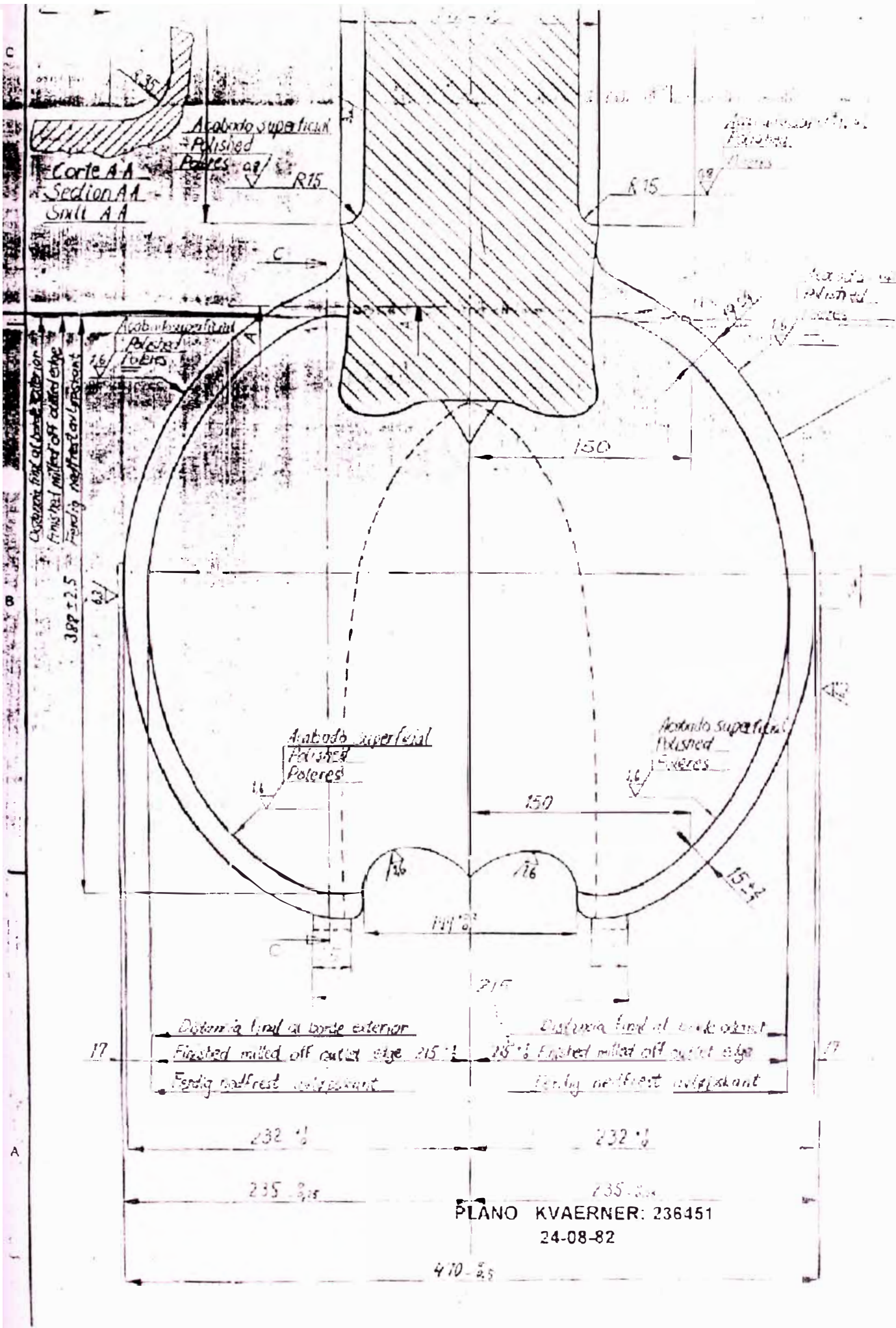
1:50 to CL. Finishes added in this part



Notes:
 All diameters outside ϕ 528 may be adjusted radially max. ± 4 mm.
 All fit-mach diameters must fit each other with same adjustment.
 Tolerances indicated between the diameters as stated on the drawing.
 Holes marked ϕ to be included only by rough machined execution.

References:
 Pelton runners, quality assurance (fourment) document 42/1565 rev A
 Bucket contour lines, interior : drawing no.394992
 Bucket contour lines, exterior : drawing no.394993
 Bucket contour lines, longitudinal sections : drawing no.394994
 Bucket, cross sections V-V : drawing no.394994
 Bucket, cross sections W-W : drawing no.394995
 Bucket, cross sections X-X : drawing no.394996
 Bucket, machining of inlet part : drawing no.394997

Drawing No.		Revision		Date		Description		Author		Appr.	
092520	2	2	2	1997	1997	1997	1997	RM	RM	RM	RM
PELTON TURBINE Runner hub, machined											
Kvaerner Energy a.s. Norway											



Corte A-A
 Section A-A
 Smit A-A

Cylindrische binnenzijde
 Afgevlakt met een afmeting van
 388 ± 0,05

Binnenzijde van de buitenzijde
 Afgevlakt met een afmeting van
 388 ± 0,05

Diameter binnenzijde van de buitenzijde
 Afgevlakt met een afmeting van 215 ± 0,05
 Binnenzijde van de buitenzijde

Diameter binnenzijde van de buitenzijde
 Afgevlakt met een afmeting van 215 ± 0,05
 Binnenzijde van de buitenzijde

PLANO KVAERNER: 236451
 24-08-82

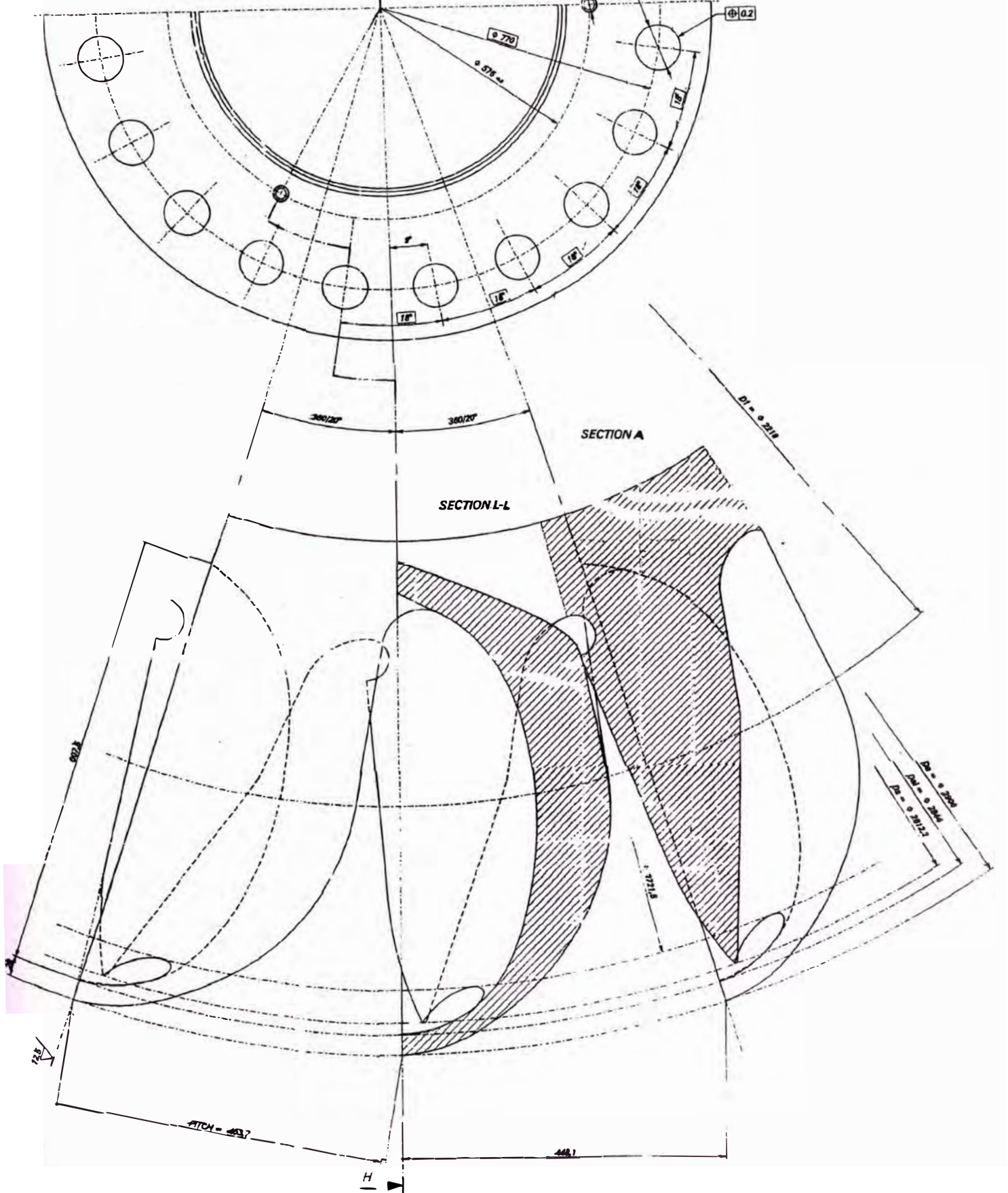
410-2.5

**Rodete y Alabe
Tipo Kvaerner.**

N. 3 HOLES $\phi 22$ / M70 FOR JAC-ONG BOLTS EQUALLY SPACED

Z = 20 BUCKETS

N. 20 HOLES $\phi 81$ m.



H

H

$\phi 104 = 403$

448.1

SECTION A

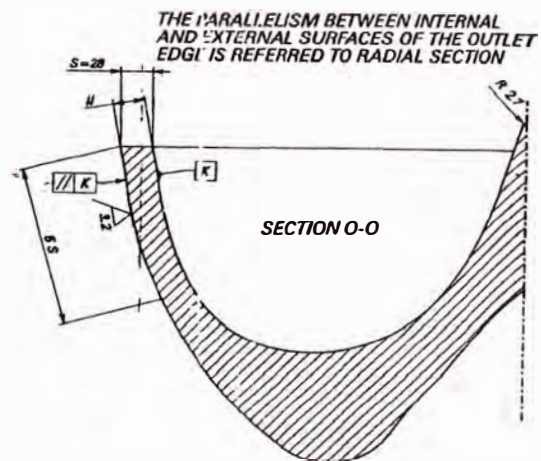
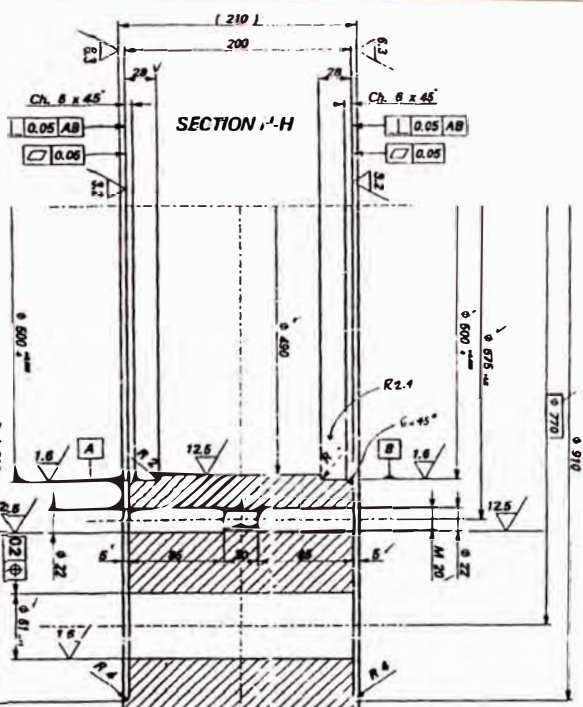
SECTION L-L

$\phi 2112$

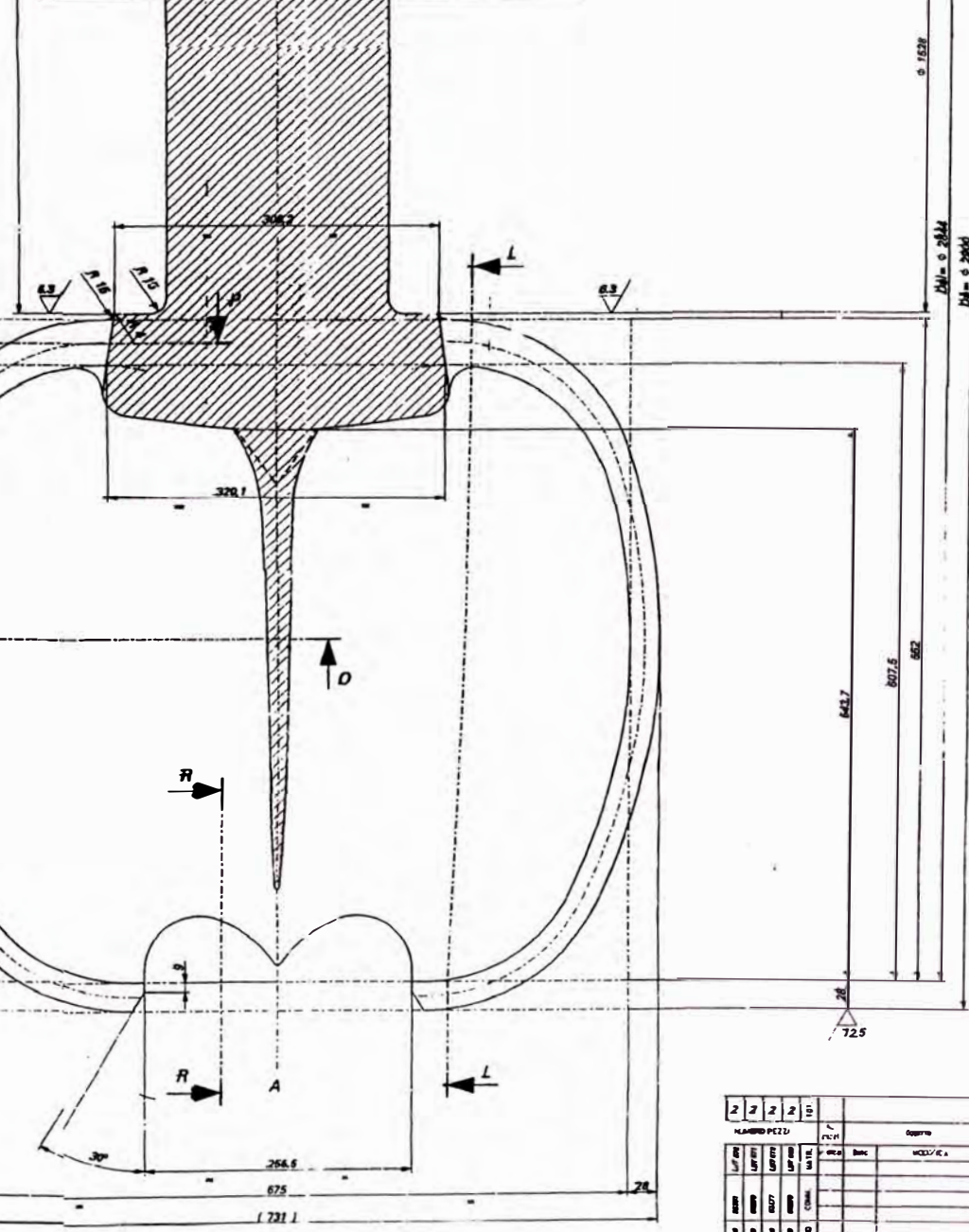
$\phi 2112$
 $\phi 2112$
 $\phi 2112$

1721.8

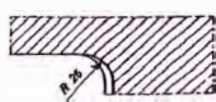
802.1



THE PARALLELISM BETWEEN INTERNAL AND EXTERNAL SURFACES OF THE OUTLET EDGE IS REFERRED TO RADIAL SECTION



SECTION P-P



SECTION R-R



12.5 / 6.3 / 3.2 / 1.6

2		2		2		2		101		7		ASTM A 720 CA 8 MM		PATTERN N° 6579		
MATERIAL PEZZI										C	Opposto	Pis.	MATERIA	Sforzamento	Data	
MATERIA	CANTIERE	SPESS.	LUNG.	LARGH.	CANTIERE	SPESS.	LUNG.	LARGH.	CANTIERE	SPESS.	LUNG.	LARGH.	CANTIERE	SPESS.	LUNG.	LARGH.
CANTIERE	SPESS.	LUNG.	LARGH.	CANTIERE	SPESS.	LUNG.	LARGH.	CANTIERE	SPESS.	LUNG.	LARGH.	CANTIERE	SPESS.	LUNG.	LARGH.	CANTIERE

ADRIAL HYDRO
FONDEGGIAZIONE
S.p.A.
Via S. Giuseppe 10 - 33090 S. Biadene del Friuli (UD) - Italy
Tel. 0432 811210 - Telex 320125 - 320126 - 320127

PELTON RUNNER

N° 6H188506/C

**Apéndice A:
Estructura de costo de
reparación conjunto
aguja y asiento.**

COSTO DEL CAMBIO DE AGUJAS Y ASIENTOS (7000 Ton)

COSTO DE REPARACION DE UNA AGUJA

	Cantidad	Costo/Unidad	Costo
MATERIALES		S/,	S/,
Soldadura Citrochron 3/16" Ø kg	13	34.10	443.3
Soldadura Citrochron 5/32" Ø kg	2.5	34.10	85.25
Cuchillas carburadas de 1/2" unid	2	30.00	60
Total			588.55

	Cantidad	Costo/Unidad	Costo
EQUIPO		S/,	S/,
Máquina soldar-energia elect Hora	14	5.00	70
Torno Horizontal Hora	10	6.00	60
Total			130.00

	Cantidad	Costo/Unidad	Costo
MANO DE OBRA		S/,	S/,
Soldador Hora	14	7.00	98
Tornero Hora	10	8.00	80
			178
Gastos Administrativos 68,6%			122.23
Total			300.23

COSTO DE REPARACION DE UN ASIENTO

	Cantidad	Costo/Unidad	Costo
MATERIALES		S/,	S/,
Soldadura Citrochron 3/16" Ø kg	12	34.10	409.2
Soldadura Citrochron 5/32" Ø kg	2.5	34.10	85.25
Cuchillas carburadas de 1/2" unid	2	30.00	60
Total			554.45

	Cantidad	Costo/Unidad	Costo
EQUIPO		S/,	S/,
Máquina soldar-energia elect Hora	12	5.00	60
Torno Horizontal Hora	9	6.00	54
Total			114.00

	Cantidad	Costo/Unidad	Costo
MANO DE OBRA		S/,	S/,
Soldador Hora	12	7.00	84
Tornero Hora	9	8.00	72
			156
Gastos Administrativos 68,6%			107.13
Total			263.13

COSTO DE REPARACION UNA AGUJA : S/. **1,018.78** **\$295.30** COSTO REPARACION DE UN ASIENTO S/. **931.58** **\$270.02**

Costo de servicio y materiales desmontaje y montaje de 2 agujas y asientos **\$150.00**

COSTO TOTAL PARA 2 AGUJAS Y ASIENOS S/. 4,418 \$1,281

tipo de cambio 3.45 Soles/US\$

Apéndice B

**Estructura de costo
reparación de rodete**

Costo de Cambio y Reparacion de Rodete (con 18575 TON)

Rodete codigo de fabrica 1-1AOD123

Costo Total de Cambio de un Rodete	\$37,999
Costo preparado para soldadura	\$1,587
Costos de relleno	\$20,152
Costo de Esmerilado	\$9,059
Costo de Tratamiento termico	\$6,400
Costo de Servicio de cambio	\$800

COSTO RELLENADO CON SOLDADURA DE UN RODETE

S/. 70,560.89

\$20,152.43

CON ALAMBRE SOLIDO INOXFIL PROCESO MIG/MAG

Materiales y Consumibles		Cantidad	Costo/Unidad	Costo
			S/,	S/,
Electrodos Citochrom 134 de 1/8" Ø	kg	15	25	375
Electrodo Inoxfil 134 de 1,0 mm de Ø	kg	220	60	13,200
Electrodo Inoxfil 134 de 1,2 mm de Ø	kg	330	60	19,800
Agamix 22	Bot	26	349	9,074
Energia calentamiento horno	kWh	43200	0.11	4,752
Porta electrodo	Unid	1	140	140
Mangas de cuero cromado	Par	3	34	102
Guantes de soldar Mustang	Par	6	44	264
Mandil de cuero cromado	Unid	3	40	120
Escarpines	Par	3	16	48
Gorros para soldar tipo chavo	Unid	3	10	30
Conectores		4	67	267
Rodillo de 1,0 mm		2	60	120
Rodillo de 1,2 mm		2	60	120
Sirga latón de 1,0 mm		2	38	76
Difusor de gas		2	40	80
Puntas de contacto de 1,0 mm		10	14	136
Puntas de contacto de 1,2 mm		15	14	204
Lainer rojo		2	224	449
Regulador de gas		1	776	776
Flujómetro de gas		1	40	40
Spray antick		3	27	81
Escobillas de acero inoxidable	Unid	6	26	156
Caretas acrilicas para soldar	Unid	3	37	111
Mascarillas descartables	Unid	15	28	420
Lámparas halógenas de 500 W	Unid	2	19	38
Manguera de jebe lona Ø 1/2	m	12	7	84
Lámparas piloto para tablero de control	Unid	2	80	160
Resistencia Cromalox 240 v 2 000 W	Unid	1	2,040	2,040
Zapatos de seguridad	Par	3	80	240
Trapo lavado	kg	15	5	75
Manta de Asbesto	kg	12	25	300
Lunas ahumadas Din 14	Unid	6	6	36
Lunas blancas	Unid	60	1	60
Total S/.				53,973

EQUIPOS		Cantidad	Soles/día	Costo
Maquina de Soldar	dias	45	5	225
Horno de Calentamiento	dias	45	18	810
Total S/.				1,035

MANO DE OBRA		Cantidad	Días	Salario/día	Costo
Soldadores		3	45	50	6,750.00
Supervisor		1	45	55	2,475.00
					9,225.00
Gastos Administrativos 68,6%					6,328.35
Total S/.					15,553.35

COSTO PARA PREPARAR UN RODETE PARA SOLDAR

Rodete con 18575 Ton de solidos

SI. 5,474.56**\$1,586.83**

MATERIALES	Cantidad	Costo/Unidad	Costo
		SI,	SI,
Piedra plana grano grueso	10	42.50	425.00
Piedra esférica grano grueso	20	48.00	960.00
Piedra esférica grano mediano	20	48.00	960.00
Piedra cónica grano grueso	6	26.00	156.00
# frascos desengrasantes	4	39.19	156.76
# frasco penetrante	2	69.20	138.40
# frascos reveladores	3	70.60	211.80
Detergente kg	2	2.95	20.00
Trapo lavado kg	2	5.00	10.00
Lámparas 250 W	2	15.00	30.00
TOTAL SI,			3,067.96

EQUIPOS UTILIZADOS	Cantidad	Costo/Unidad	Costo
	Horas	SI,	SI,
Aire Comprimido 125 Pie3/min	336	0	0.00
Fresadora de diamante	16	5.00	80.06
Esmeril de 6 000 r.p.m	140	5.00	700.56
Esmeril de 12 000 r.p.m	50	5.00	250.20
Total SI,			1,030.82

MANO DE OBRA	Cantidad	Días	Salario/día	Costo
Esmeriladores	3	8	34	816.00
Gastos Administrativos 68,6%				559.78
Total SI,				1,375.78

COSTO ESMERILADO DE UN RODETE

S/. 31,254.99

\$9,059.42

MATERIALES		Cantidad	Costo/Unidad	Costo
			S/,	S/,
Piedras planas grano grueso		110	42.05	4,626
Piedras esféricas grano grueso		20	48.00	960
Piedras esféricas grano mediano		20	48.00	960
Piedras cónicas grano grueso		15	25.87	388
Piedras cónicas grano mediano		40	25.87	1,035
Piedras cónicas grano fino		10	35.67	357
Líquido limpiador		12	39.19	470
Líquido penetrante		6	69.20	415
Líquido revelador		8	70.60	565
Mandil de cuero cromado	Unid	3	40.25	121
Escarpines	Par	3	15.68	47
Caretas acrílicas para esmerilar	Unid	3	16.50	50
Mascarillas descartables	Unid	3	49.45	148
Lámparas halógenas de 500 W	Unid	2	18.80	38
Manguera de jebe lona Ø 1/2	m	12	7.00	84
Zapatos de seguridad	Par	3	80.00	240
Trapo lavado	kg	10	5.00	50
Total S/.				10,553

EQUIPOS UTILIZADOS		Cantidad	Costo/Unidad	Costo
		Horas	S/,	S/,
Fresadora de diamante		148	5.00	740.59
Esmeril de 6 000 r.p.m		550	5.00	2,752.19
Esmeril de 12 000 r.p.m		550	5.00	2,752.19
Total S/.				6,245

MANO DE OBRA		Cantidad	Días	Salario/día	Costo
Esmeriladores		3	50	48	7,200.00
Supervisor		0.5	50	55	1,375.00
					8,575.00
Gastos Administrativos 68,6%					5,882.45
Total S/.					14,457.45

Costo Cambio y Reparación de Rodete (con 31450 TON)

Rodete código de fábrica 1-1AOD135-8

Costo Total de Cambio de un Rodete	\$38,996
Costo Preparación para soldadura	\$1,642
Costos de Rellenado	\$22,637
Costo de Esmerilado	\$9,158
Costo de Tratamiento térmico	\$6,400
Costo de Servicio de cambio	\$800

COSTO RELLENADO CON SOLDADURA DE UN RODETE

SI. 78,098.64

\$22,637.29

CON ALAMBRE SOLIDO INOXFIL PROCESO MIG/MAG

MATERIALES	Cantidad	Costo/Unidad	Costo
		SI,	SI,
Electrodos Citochrom 134 de 1/8" Ø	kg	20	500
Electrodo Inoxfil 134 de 1,0 mm de Ø	kg	247	14,820
Electrodo Inoxfil 134 de 1,2 mm de Ø	kg	370	22,200
Agamix 22	Bot	28	9,772
Energía para horno calentamiento	kWh	48000	5,280
Porta electrodo	Unid	1	140
Mangas de cuero cromado	Par	3	102
Guantes de soldar Mustang	Par	6	264
Mandil de cuero cromado	Unid	3	120
Escarpines	Par	3	48
Gorros para soldar tipo chavo	Unid	3	30
Conectores		4	267
Rodillo de 1,0 mm		2	120
Rodillo de 1,2 mm		2	120
Sirga latón de 1,0 mm		2	76
Difusor de gas		2	80
Puntas de contacto de 1,0 mm		11	150
Puntas de contacto de 1,2 mm		16	218
Lainer rojo		3	673
Regulador de gas		1	776
Flujómetro de gas		1	40
Spray antick		3	81
Escobillas de acero inoxidable	Unid	6	156
Caretas acrílicas para soldar	Unid	3	111
Mascarillas descartables	Unid	15	420
Lámparas halógenas de 500 W	Unid	2	38
Manguera de jebe lona Ø 1/2	m	12	84
Lámparas piloto para tablero de control	Unid	2	160
Resistencia Cromalox 240 v 2 000 W	Unid	1	2,040
Zapatos de seguridad	Par	3	240
Trapo lavado	kg	15	75
Manta de Asbesto	kg	12	372
Lunas ahumadas Din 14	Unid	6	36
Lunas blancas	Unid	60	60
Total SI.			69,667

EQUIPO	Cantidad	Soles/día	Costo
Maquina de soldar	días	50	250
Horno calentamiento	días	50	900
Total SI.			1,150

MANO DE OBRA	Cantidad	Dias	Salario/día	Costo
Soldadores	3	50	50	7,500.00
Supervisor	1	50	55	2,750.00
Gastos Administrativos 68,6%				10,250.00
Total SI.				7,031.50
Total SI.				17,281.50

COSTO PARA PREPARAR UN RODETE PARA SOLDAR

Rodete con 31450 Ton de solidos

S/. 5,664.24

\$1,641.81

	Cantidad	Costo/Unidad	Costo
MATERIALES		S/,	S/,
Piedra plana grano grueso	12	42.05	504.60
Piedra esférica grano grueso	20	48.00	960.00
Piedra esférica grano mediano	20	48.00	960.00
Piedra cónica grano grueso	6	26.00	156.00
# frascos desengrasantes	4	39.19	156.76
# frasco penetrante	2	69.20	138.40
# frascos reveladores	3	70.60	211.80
Detergente kg	2	2.95	20.00
Trapo lavado kg	2	5.00	10.00
Lámparas 250 W	2	15.00	30.00
Total S/,			3,147.56

	Cantidad	Costo/Unidad	Costo
EQUIPOS UTILIZADOS	Horas	S/,	S/,
Fresadora de diamante	24	5.00	120.10
Esmeril de 6 000 r.p.m	150	5.00	750.60
Esmeril de 12 000 r.p.m	54	5.00	270.22
Total S/,			1,140.91

MANO DE OBRA	Cantidad	Días	Salario/día	Costo
Esmeriladores	3	8	34	816.00
Gastos Administrativos 68,6%				559.78
Total S/,				1,375.78

COSTO ESMERILADO DE UN RODETE

Rodete con 31450 Ton de solidos

S/. 31,596.77**\$9,158.48**

		Cantidad	Costo/Unidad	Costo
MATERIALES			S/,	S/,
Piedras planas grano grueso		110	42.05	4,626
Piedras esféricas grano grueso		20	48.00	960
Piedras esféricas grano mediano		20	48.00	960
Piedras cónicas grano grueso		15	25.87	388
Piedras cónicas grano mediano		30	25.87	776
Piedras cónicas grano fino		10	35.67	357
Líquido limpiador		12	39.19	470
Líquido penetrante		6	69.20	415
Líquido revelador		8	70.60	565
Mandil de cuero cromado	Unid	3	40.25	121
Escarpines	Par	3	15.68	47
Caretas acrílicas para esmerilar	Unid	3	16.50	50
Mascarillas descartables	Unid	3	49.45	148
Lámparas halógenas de 500 W	Unid	2	18.80	38
Manguera de jebe lona Ø 1/2	m	12	7.00	84
Zapatos de seguridad	Par	3	80.00	240
Trapo lavado	kg	10	5.00	50
Total S/.				10,294

		Cantidad	Costo/Unidad	Costo
EQUIPOS UTILIZADOS		Horas	S/,	S/,
Fresadora de diamante		168	5.00	840.67
Esmeril de 6 000 r.p.m		600	5.00	3,002.39
Esmeril de 12 000 r.p.m		600	5.00	3,002.39
Total S/.				6,845

MANO DE OBRA		Cantidad	Días	Salario/día	Costo
Esmeriladores		3	50	48	7,200.00
Supervisor		0.5	50	55	1,375.00
					8,575.00
Gastos Administrativos 68,6%					5,882.45
Total S/.					14,457.45

Costo de Cambio y Reparación de Rodete (con 48540 TON)

Rodete código de fábrica 1-1AOD115-2

Costo Total de Cambio de un Rodete	\$47,992
Costo preparado para soldadura	\$1,927
Costos de relleno	\$28,914
Costo de Esmerilado	\$9,951
Costo de Tratamiento térmico	\$6,400
Costo de Servicio de cambio	\$800

COSTO RELLENADO CON SOLDADURA DE UN RODETE

S/. 99,752.39

\$28,913.74

CON ALAMBRE SOLIDO INOXFIL PROCESO MIG/MAG

MATERIALES	Cantidad	Costo/Unidad	Costo	
		S/,	S/,	
Electrodos Citochrom 134 de 1/8" Ø	kg	20	31	612
Electrodo Inoxfil 134 de 1,0 mm de Ø	kg	292	60	17,520
Electrodo Inoxfil 134 de 1,2 mm de Ø	kg	450	60	27,000
Agamix 22	Bot	34	349	11,866
Energía para horno calentamiento	kWh	72000	0.11	7,920
Porta electrodo	Unid	1	140	140
Mangas de cuero cromado	Par	3	34	102
Guantes de soldar Mustang	Par	6	44	264
Mandil de cuero cromado	Unid	3	40	120
Escarpines	Par	3	16	48
Gorros para soldar tipo chavo	Unid	3	10	30
Conectores		4	67	267
Rodillo de 1,0 mm		2	60	120
Rodillo de 1,2 mm		2	60	120
Sirga latón de 1,0 mm		3	38	114
Difusor de gas		2	40	80
Puntas de contacto de 1,0 mm		12	14	163
Puntas de contacto de 1,2 mm		17	14	231
Lainer rojo		3	224	673
Regulador de gas		1	776	776
Flujómetro de gas		1	40	40
Spray antick		4	27	108
Escobillas de acero inoxidable	Unid	6	26	156
Caretas acrílicas para soldar	Unid	3	37	111
Mascarillas descartables	Unid	15	28	420
Lámparas halógenas de 500 W	Unid	2	19	38
Manguera de jebe lona Ø 1/2	m	12	7	84
Lámparas piloto para tablero de control	Unid	2	80	160
Resistencia Cromalox 240 v 2 000 W	Unid	1	2,040	2,040
Zapatos de seguridad	Par	3	80	240
Trapo lavado	kg	15	5	75
Manta de Asbesto	kg	12	31	372
Lunas ahumadas Din 14	Unid	6	6	36
Lunas blancas	Unid	60	1	60
Total S/.			72,106	

Equipos	Cantidad	Días	Salario/día
Maquina de soldar	75	5	375
Horno de calentamiento	75	18	1350
Total S/			1725

MANO DE OBRA	Cantidad	Días	Salario/día	Costo
Soldadores	3	75	50	11,250.00
Supervisor	1	75	55	4,125.00
Gastos Administrativos 68,6%				15,375.00
Total S/.				25,922.25

COSTO PARA PREPARAR UN RODETE PARA SOLDAR

Rodete con 48450 Ton de solidos

SI. 6,648.42**\$1,927.08**

MATERIALES	Cantidad	Costo/Unidad	Costo
		SI,	SI,
Piedra plana grano grueso	15	42.05	630.75
Piedra esférica grano grueso	20	48.00	960.00
Piedra esférica grano mediano	20	48.00	960.00
Piedra cónica grano grueso	6	26.00	156.00
# frascos desengrasantes	4	39.19	156.76
# frasco penetrante	2	69.20	138.40
# frascos reveladores	3	70.60	211.80
Detergente kg	2	2.95	20.00
Trapo lavado kg	2	5.00	10.00
Lámparas 250 W	2	15.00	30.00
TOTAL SI,			3,273.71

EQUIPOS UTILIZADOS	Cantidad	Costo/Unidad	Costo
	Horas	SI,	SI,
Fresadora de diamante	18	5.00	90.07
Esmeril de 6 000 r.p.m	180	5.00	900.72
Esmeril de 12 000 r.p.m	64	5.00	320.25
Total SI,			1,311.04

MANO DE OBRA	Cantidad	Días	Salario/día	Costo
Esmeriladores	3	12	34	1,224.00
Gastos Administrativos 68,6%				839.66
Total SI,				2,063.66

COSTO ESMERILADO DE UN RODETE

Rodete con 48530 Ton de solidos

S/. 34,331.06

\$9,951.03

		Cantidad	Costo/Unidad	Costo
MATERIALES			S/,	S/,
Piedras planas grano grueso		120	42.05	5,046
Piedras esféricas grano grueso		25	48.00	1,200
Piedras esféricas grano mediano		25	48.00	1,200
Piedras cónicas grano grueso		20	25.87	517
Piedras cónicas grano mediano		40	25.87	1,035
Piedras cónicas grano fino		10	35.67	357
Líquido limpiador		12	39.19	470
Líquido penetrante		6	69.20	415
Líquido revelador		8	70.60	565
Mandil de cuero cromado	Unid	3	40.25	121
Escarpines	Par	3	15.68	47
Caretas acrílicas para esmerilar	Unid	3	16.50	50
Mascarillas descartables	Unid	3	49.45	148
Lámparas halógenas de 500 W	Unid	2	18.80	38
Manguera de jebe lona Ø 1/2	m	12	7.00	84
Zapatos de seguridad	Par	3	80.00	240
Trapo lavado	kg	10	5.00	50
Total S/.				11,582

		Cantidad	Costo/Unidad	Costo
EQUIPOS UTILIZADOS		Horas	S/,	S/,
Fresadora de diamante		168	5.00	840.67
Esmeril de 6 000 r.p.m		600	5.00	3,002.39
Esmeril de 12 000 r.p.m		600	5.00	3,002.39
Total S/.				6,845

MANO DE OBRA		Cantidad	Días	Salario/día	Costo
Esmeriladores		3	55	48	7,920.00
Supervisor		0.5	55	55	1,512.50
					9,432.50
Gastos Administrativos 68,6%					6,470.70
Total S/.					15,903.20

Costo de Cambio y Reparación de Rodete

(con 59500 Ton solidos)

Rodete codigo de fabrica 1-1AOD115

Costo Total de Cambio de un Rodete	\$51,874
Costo preparado para soldadura	\$2,295
Costos de relleno	\$31,782
Costo de Esmerilado	\$10,597
Costo de Tratamiento termico	\$6,400
Costo de Servicio de montaje-desmontaje	\$800

COSTO RELLENADO CON SOLDADURA DE UN RODETE

S/. 109,648.44

\$31,782.16

CON ALAMBRE SOLIDO INOXFIL PROCESO MIG/MAG

MATERIALES	Cantidad	Costo/Unidad	Costo
		S/,	S/,
Electrodos Citochrom 134 de 1/8" Ø kg	20	25	500
Electrodo Inoxfil 134 de 1,0 mm de Ø kg	312	60	18,720
Electrodo Inoxfil 134 de 1,2 mm de Ø kg	454	60	27,240
Agamix 22 Bot	38	349	13,262
Energia para horno calentamiento kWh	86400	0.11	9,504
Porta electrodo Unid	1	140	140
Mangas de cuero cromado Par	3	34	102
Guantes de soldar Mustang Par	6	44	264
Mandil de cuero cromado Unid	3	40	120
Escarpines Par	3	16	48
Gorros para soldar tipo chavo Unid	3	10	30
Conectores	4	60	240
Rodillo de 1,0 mm	2	60	120
Rodillo de 1,2 mm	3	38	114
Sirga latón de 1,0 mm	2	40	80
Difusor de gas	2	19	38
Puntas de contacto de 1,0 mm	12	14	163
Puntas de contacto de 1,2 mm	18	14	245
Lainer rojo	3	224	673
Regulador de gas	1	776	776
Flujómetro de gas	1	40	40
Spray antick	6	27	162
Escobillas de acero inoxidable Unid	6	26	156
Caretas acrilicas para soldar Unid	3	37	111
Mascarillas descartables Unid	18	28	504
Lámparas halógenas de 500 W Unid	2	19	38
Manguera de jebe lona Ø 1/2 m	12	7	84
Lámparas piloto para tablero de control Unid	2	80	160
Resistencia Cromalox 240 v 2 000 W Unid	1	2,040	2,040
Zapatos de seguridad Par	3	80	240
Trapo lavado kg	18	5	90
Manta de Asbesto kg	12	31	372
Lunas ahumadas Din 14 Unid	6	6	36
Lunas blancas Unid	60	1	60
Total S/.			76,472

EQUIPOS	Cantidad	Soles/dia	Costo
Maquina de Soldar dias	90	5	450
Horno de Calentamiento dias	90	18	1620
Total S/.			2,070

MANO DE OBRA	Cantidad	Días	Salario/día	Costo
Soldadores	3	90	50	13,500.00
Supervisor	1	90	55	4,950.00
				18,450.00
Gastos Administrativos 68,6%				12,656.70
Total S/.				31,106.70

Costo de Preparación de Rodete para Soldadura
Rodete con 59500 Ton

S/. 7,916.97

\$2,295

MATERIALES	Cantidad	Costo/Unidad	Costo
		S/,	S/,
Piedra plana grano grueso	20	42.05	841.00
Piedra esférica grano grueso	20	48.00	960.00
Piedra esférica grano mediano	20	48.00	960.00
Piedra cónica grano grueso	8	26.00	208.00
# frascos desengrasantes	4	39.19	156.76
# frasco penetrante	2	69.20	138.40
# frascos reveladores	3	70.60	211.80
Detergente kg	2	2.95	20.00
Trapo lavado kg	2	5.00	10.00
Lámparas 250 W	2	15.00	30.00
TOTAL S/,			3,535.96

EQUIPOS UTILIZADOS	Cantidad	Costo/Unidad	Costo
	Horas	S/,	S/,
Fresadora de diamante	24	5.00	120.10
Esmeril de 6 000 r.p.m	240	5.00	1,200.96
Esmeril de 12 000 r.p.m	96	5.00	480.38
Total S/,			1,801.43

MANO DE OBRA	Cantidad	Días	Salario/día	Costo
Esmeriladores	3	15	34	1,530.00
Gastos Administrativos 68,6%				1,049.58
Total S/,				2,579.58

COSTO ESMERILADO DE UN RODETE

Rodete con 59500 Ton solidos

S/. 36,560.41**\$10,597.22**

MATERIALES	Cantidad	Costo/Unidad	Costo	
		S/,	S/,	
Piedras planas grano grueso	120	42.05	5,046	
Piedras esféricas grano grueso	22	48.00	1,056	
Piedras esféricas grano mediano	22	48.00	1,056	
Piedras cónicas grano grueso	20	25.87	517	
Piedras cónicas grano mediano	35	25.87	905	
Piedras cónicas grano fino	10	35.67	357	
Líquido limpiador	12	39.19	470	
Líquido penetrante	6	69.20	415	
Líquido revelador	8	70.60	565	
Mandil de cuero cromado	Unid	3	40.25	121
Escarpines	Par	3	15.68	47
Caretas acrílicas para esmerilar	Unid	3	16.50	50
Mascarillas descartables	Unid	3	49.45	148
Lámparas halógenas de 500 W	Unid	2	18.80	38
Manguera de jebe lona Ø 1/2	m	12	7.00	84
Zapatos de seguridad	Par	3	80.00	240
Trapo lavado	kg	10	5.00	50
Total S/.			11,165	

EQUIPOS UTILIZADOS	Cantidad	Costo/Unidad	Costo
	Horas	S/,	S/,
Fresadora de diamante	168	5.00	840.67
Esmeril de 6 000 r.p.m	720	5.00	3,602.87
Esmeril de 12 000 r.p.m	720	5.00	3,602.87
Total S/.			8,046

MANO DE OBRA	Cantidad	Días	Salario/día	Costo
Esmeriladores	3	60	48	8,640.00
Supervisor	0.5	60	55	1,650.00
				10,290.00
Gastos Administrativos 68,6%				7,058.94
Total S/.				17,348.94

Costo de Cambio y Reparación de Rodete (con 68000 TON)

Rodete código de fabrica S445

Costo Total de Cambio de un Rodete	\$59,355
Costo preparado rodete	\$2,624
Costos de relleno	\$37,340
Costo de Esmerilado	\$12,191
Costo de Tratamiento termico	\$6,400
Costo de Servicio de cambio	\$800

COSTO RELLENADO CON SOLDADURA DE UN RODETE

S/. 128,823.09

\$37,340.03

CON ALAMBRE SOLIDO INOXFIL PROCESO MIG/MAG

MATERIALES	Cantidad	Costo/Unidad	Costo
		S/,	S/,
Electrodos Citochrom 134 de 1/8" Ø	kg	25	625
Electrodo Inoxfil 134 de 1,0 mm de Ø	kg	374	22,440
Electrodo Inoxfil 134 de 1,2 mm de Ø	kg	490	29,400
Agamix 22	Bot	48	16,752
Energia para horno calentamiento	kWh	100800	11,088
Porta electrodo	Unid	1	140
Mangas de cuero cromado	Par	3	102
Guantes de soldar Mustang	Par	6	264
Mandil de cuero cromado	Unid	3	120
Escarpines	Par	3	48
Gorros para soldar tipo chavo	Unid	3	30
Conectores		4	267
Rodillo de 1,0 mm		2	120
Rodillo de 1,2 mm		2	120
Sirga latón de 1,0 mm		3	114
Difusor de gas		2	80
Puntas de contacto de 1,0 mm		14	190
Puntas de contacto de 1,2 mm		22	299
Lainer rojo		4	898
Regulador de gas		1	776
Flujómetro de gas		1	40
Spray antick		6	162
Escobillas de acero inoxidable	Unid	6	156
Caretas acrilicas para soldar	Unid	3	111
Mascarillas descartables	Unid	22	616
Lámparas halógenas de 500 W	Unid	2	38
Manguera de jebe lona Ø 1/2	m	12	84
Lámparas piloto para tablero de control	Unid	2	160
Resistencia Cromalox 240 v 2 000 W	Unid	2	4,080
Zapatos de seguridad	Par	3	240
Trapo lavado	kg	18	90
Manta de Asbesto	kg	12	372
Lunas ahumadas Din 14	Unid	6	36
Lunas blancas	Unid	60	60
Total S/.			90,117

Equipos	Cantidad	Soles/día	Salario/día
Maquina de soldar	dias	105	525
Horno de calentamiento	dias	105	1890
			2415

MANO DE OBRA	Cantidad	Días	Salario/día	Costo
Soldadores	3	105	50	15,750.00
Supervisor	1	105	55	5,775.00
				21,525.00
Gastos Administrativos 68,6%				14,766.15
Total S/.				36,291.15

Tipo de cambio

3.45 Soles/US\$

Costo de Preparacion de Rodete para Soldadura

Rodete con 68000 Ton solidos

S/. 8,999.22**\$2,623.68**

MATERIALES	Cantidad	Costo/Unidad	Costo
		S/,	S/,
Piedra plana grano grueso	25	42.05	1,051.25
Piedra esférica grano grueso	28	48.00	1,344.00
Piedra esférica grano mediano	28	48.00	1,344.00
Piedra cónica grano grueso	12	26.00	312.00
# frascos desengrasantes	4	39.19	156.76
# frasco penetrante	2	69.20	138.40
# frascos reveladores	3	70.60	211.80
Detergente kg	2	2.95	20.00
Trapo lavado kg	2	5.00	10.00
Lámparas 250 W	2	15.00	30.00
TOTAL S/,			4,618.21

EQUIPOS UTILIZADOS	Cantidad	Costo/Unidad	Costo
	Horas	S/,	S/,
Fresadora de diamante	24	5.00	120.10
Esmeril de 6 000 r.p.m	240	5.00	1,200.96
Esmeril de 12 000 r.p.m	96	5.00	480.38
Total S/,			1,801.43

MANO DE OBRA	Cantidad	Días	Salario/día	Costo
Esmeriladores	3	15	34	1,530.00
Gastos Administrativos 68,6%				1,049.58
Total S/,				2,579.58

COSTO ESMERILADO DE UN RODETE

Rodete con 68000 Ton solidos

S/. 41,815.19

\$12,191.02

MATERIALES	Cantidad	Costo/Unidad	Costo	
		S/,	S/,	
Piedras planas grano grueso	130	42.05	5,467	
Piedras esféricas grano grueso	28	48.00	1,344	
Piedras esféricas grano mediano	28	48.00	1,344	
Piedras cónicas grano grueso	24	25.87	621	
Piedras cónicas grano mediano	46	25.87	1,190	
Piedras cónicas grano fino	8	35.67	285	
Líquido limpiador	12	39.19	470	
Líquido penetrante	8	69.20	554	
Líquido revelador	12	70.60	847	
Mandil de cuero cromado	Unid	3	40.25	121
Escarpines	Par	3	15.68	47
Caretas acrílicas para esmerilar	Unid	3	16.50	50
Mascarillas descartables	Unid	3	49.45	148
Lámparas halógenas de 500 W	Unid	3	18.80	56
Manguera de jebe lona Ø 1/2	m	12	7.00	84
Zapatos de seguridad	Par	3	80.00	240
Trapo lavado	kg	12	5.00	60
Total S/.			12,928	

EQUIPOS UTILIZADOS	Cantidad	Costo/Unidad	Costo
	Horas	S/,	S/,
Fresadora de diamante	168	5.00	840.67
Esmeril de 6 000 r.p.m	780	5.00	3,903.11
Esmeril de 12 000 r.p.m	780	5.00	3,903.11
Total S/.			8,647

MANO DE OBRA	Cantidad	Días	Salario/día	Costo
Esmeriladores	3	70	48	10,080.00
Supervisor	0.5	70	55	1,925.00
				12,005.00
Gastos Administrativos 68,6%				8,235.43
Total S/.				20,240.43

Apéndice C
Costo Variable por
sólidos acumulados y
Tabla del Valor de
Actualización Costos
de rodetes y agujas

Costos Variables Central Hidroeléctrica Cañon del Pato

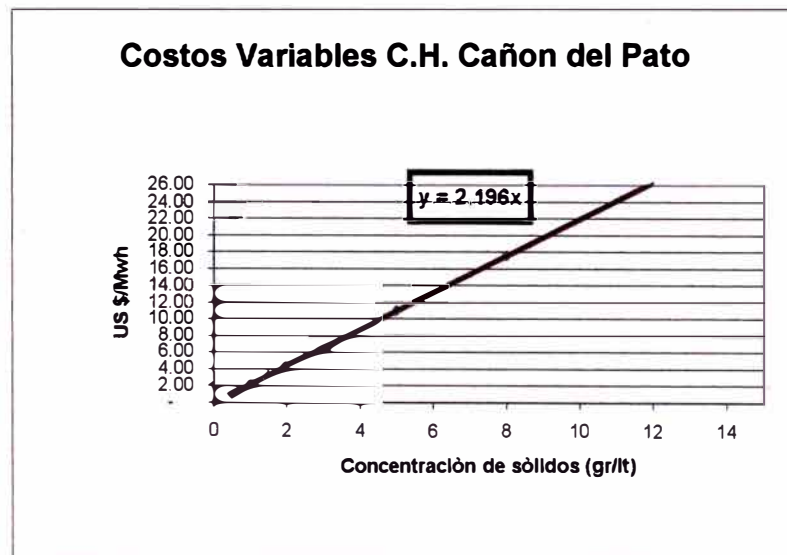
cambio rodete a : 18,575 Ton de sólidos

Concentración de sólidos	gr/litro	12	8	6	3	2.6	2	1.6	1	0.6
Periodo cambio de agujas asientos	meses	0.07	0.11	0.17	0.29	0.35	0.44	0.58	0.87	1.75
Periodo cambio de rodetes	meses	0.10	0.15	0.23	0.39	0.48	0.58	0.77	1.16	2.32
Costo Cambio de agujas	US\$	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280
Costo cambio rodetes	US\$	37,725	37,725	37,725	37,725	37,725	37,725	37,725	37,725	37,725
Tasa de descuento anual		12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
Costo Nominal	US\$	474,460	474,460	474,460	474,460	474,460	474,460	474,460	474,460	474,460
Costo Actualizado	US\$	471,500	470,028	467,395	462,759	460,464	457,048	451,428	440,452	409,534
Mensualidad	US\$	379,431	252,952	158,093	94,853	79,043	63,232	47,422	31,811	15,796
Energía Mensual	MWh	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
Costo Variable	US\$/MWh	26.35	17.57	10.98	6.59	5.49	4.39	3.29	2.20	1.10

Parametros considerados en el calculo

Cantidad de Toneladas cambio rodetes	Ton	18,575
Costo reparacion rodetes	US \$	37,725
Cantidad de Ton cambio agujas	Ton	7,000
Costo reparacion agujas y asientos	US\$	1,280

Se ha considerado una unidad de 20 MW a quien le corresponde 1 rodete y 2 juegos de agujas y asientos



Flujo de Costos por Reparación de Rodete																			cambio de rodete a: 18,575 Ton	
Concert soldos (gr/ltro)			12 gr/ltro		8 gr/ltro		5 gr/ltro		3 gr/ltro		2.5 gr/ltro		2 gr/ltro		1.5 gr/ltro		1 gr/ltro		0.5 gr/ltro	
No veces	Costo de Reparación	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	
1	37,725	0.10	37,689	0.15	37,671	0.23	37,638	0.39	37,580	0.46	37,551	0.58	37,508	0.77	37,436	1.16	37,292	2.32	36,864	
2	37,725	0.19	37,652	0.29	37,616	0.46	37,551	0.77	37,436	0.93	37,378	1.16	37,292	1.55	37,149	2.32	36,864	4.64	36,023	
3	37,725	0.29	37,616	0.44	37,562	0.70	37,465	1.16	37,292	1.39	37,206	1.74	37,077	2.32	36,864	3.48	36,441	6.96	35,201	
4	37,725	0.39	37,580	0.58	37,508	0.93	37,378	1.55	37,149	1.86	37,035	2.32	36,864	3.09	36,582	4.64	36,023	9.28	34,397	
5	37,725	0.48	37,544	0.73	37,454	1.16	37,292	1.93	37,006	2.32	36,864	2.90	36,652	3.87	36,301	5.80	35,609	11.80	33,613	
6	37,725	0.58	37,508	0.87	37,400	1.39	37,206	2.32	36,864	2.78	36,694	3.48	36,441	4.64	36,023	6.96	35,201	13.92	32,845	
7	37,725	0.68	37,472	1.02	37,346	1.62	37,120	2.71	36,723	3.25	36,525	4.06	36,231	5.41	35,747	8.12	34,797	16.24	32,086	
8	37,725	0.77	37,436	1.16	37,292	1.86	37,035	3.09	36,582	3.71	36,357	4.64	36,023	6.19	35,473	9.28	34,397	18.56	31,363	
9	37,725	0.87	37,400	1.31	37,236	2.09	36,949	3.48	36,441	4.18	36,190	5.22	35,816	6.96	35,201	10.44	34,003	20.88	30,648	
10	37,725	0.97	37,364	1.45	37,185	2.32	36,864	3.87	36,301	4.64	36,023	5.80	35,609	7.73	34,931	11.60	33,613	23.20	29,948	
11	37,725	1.06	37,328	1.60	37,131	2.55	36,779	4.25	36,162	5.10	35,857	6.36	35,405	8.51	34,663	12.76	33,227	25.52	29,265	
12	37,725	1.16	37,292	1.74	37,077	2.78	36,694	4.64	36,023	5.57	35,692	6.96	35,201	9.28	34,397	13.92	32,845	27.84	28,597	

Flujo de Costos por Reparación de Agujas y Asientos																			
No veces	Costo de Reparación	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac
1	1,280	0.07	1,279	0.11	1,279	0.17	1,278	0.29	1,276	0.35	1,276	0.44	1,274	0.58	1,273	0.87	1,269	1.75	1,258
2	1,280	0.15	1,278	0.22	1,277	0.35	1,276	0.58	1,273	0.70	1,271	0.87	1,269	1.17	1,265	1.75	1,258	3.50	1,236
3	1,280	0.22	1,277	0.33	1,276	0.52	1,273	0.87	1,269	1.05	1,267	1.31	1,263	1.75	1,258	2.62	1,247	5.25	1,215
4	1,280	0.29	1,276	0.44	1,274	0.70	1,271	1.17	1,265	1.40	1,262	1.75	1,258	2.33	1,251	3.50	1,236	6.99	1,194
5	1,280	0.36	1,275	0.55	1,273	0.87	1,269	1.46	1,262	1.75	1,258	2.19	1,252	2.91	1,243	4.37	1,226	8.74	1,173
6	1,280	0.44	1,274	0.66	1,272	1.05	1,267	1.75	1,258	2.10	1,254	2.62	1,247	3.50	1,236	5.25	1,215	10.49	1,153
7	1,280	0.51	1,274	0.77	1,270	1.22	1,265	2.04	1,254	2.45	1,249	3.06	1,242	4.08	1,229	6.12	1,204	12.24	1,133
8	1,280	0.58	1,273	0.87	1,269	1.40	1,262	2.33	1,251	2.80	1,245	3.50	1,236	4.66	1,222	6.99	1,194	13.99	1,114
9	1,280	0.66	1,272	0.98	1,268	1.57	1,260	2.62	1,247	3.15	1,241	3.93	1,231	5.25	1,215	7.87	1,184	15.74	1,094
10	1,280	0.73	1,271	1.09	1,266	1.75	1,258	2.91	1,243	3.50	1,236	4.37	1,226	5.83	1,208	8.74	1,173	17.49	1,076
11	1,280	0.80	1,270	1.20	1,265	1.92	1,256	3.21	1,240	3.85	1,232	4.81	1,220	6.41	1,201	9.62	1,163	19.23	1,057
12	1,280	0.87	1,269	1.31	1,263	2.10	1,254	3.50	1,236	4.20	1,228	5.25	1,215	6.99	1,194	10.49	1,153	20.98	1,039
13	1,280	0.95	1,268	1.42	1,262	2.27	1,251	3.79	1,233	4.55	1,223	5.88	1,210	7.58	1,187	11.37	1,143	22.73	1,021
14	1,280	1.02	1,267	1.53	1,261	2.45	1,249	4.08	1,229	4.90	1,219	6.12	1,204	8.16	1,180	12.24	1,133	24.48	1,003
15	1,280	1.09	1,266	1.64	1,259	2.62	1,247	4.37	1,226	5.25	1,215	6.56	1,199	8.74	1,173	13.11	1,123	26.23	986
16	1,280	1.17	1,265	1.75	1,258	2.80	1,245	4.66	1,222	5.60	1,211	6.99	1,194	9.33	1,167	13.99	1,114	27.98	969
17	1,280	1.24	1,264	1.86	1,257	2.97	1,243	4.95	1,218	5.95	1,206	7.43	1,189	9.91	1,160	14.86	1,104	29.73	952
18	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
Costo Tot US\$	474,460		471,500		470,028		467,395		462,759		460,484		457,048		451,428		440,452		409,534

Costos Variables Central Hidroeléctrica Cañon del Pato

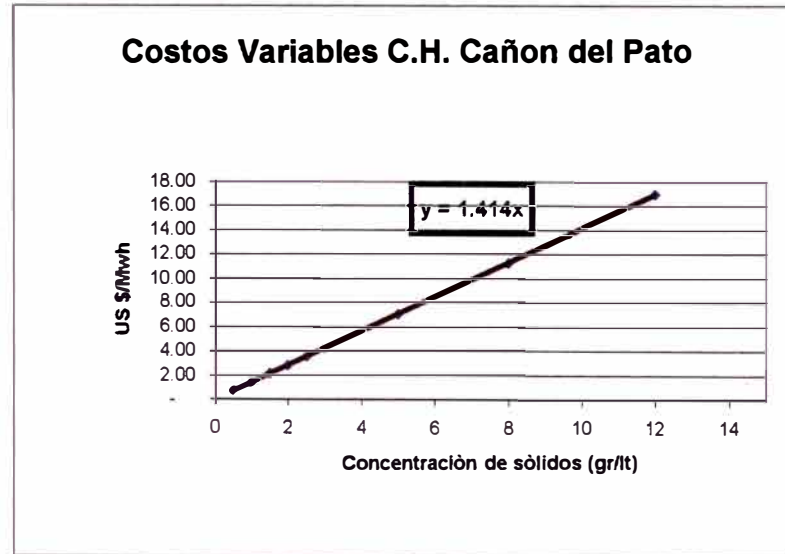
cambio rodete a : 31,450 Ton

Concentración de sólidos	gr/litro	12	8	6	3	2.6	2	1.5	1	0.6
Periodo cambio de agujas asentos	meses	0.07	0.11	0.17	0.29	0.35	0.44	0.58	0.87	1.75
Periodo cambio de rodetes	meses	0.16	0.25	0.39	0.65	0.79	0.98	1.31	1.98	3.93
Costo Cambio de agujas	US\$	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280
Costo cambio rodetes	US\$	40,012	40,012	40,012	40,012	40,012	40,012	40,012	40,012	40,012
Tasa de descuento anual		12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
Costo Nominal	US\$	517,284	517,284	517,284	517,284	517,284	517,284	517,284	517,284	517,284
Costo Actualizado	US\$	511,815	509,118	504,309	495,904	491,770	485,651	475,870	458,495	404,718
Mensualidad	US\$	244,314	182,874	101,793	81,072	50,892	40,711	30,530	20,347	10,159
Energía Mensual	MWh	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
Costo Variable	US\$/MWh	16.97	11.31	7.07	4.24	3.53	2.83	2.12	1.41	0.71

Parametros considerados en el calculo

Cantidad de Toneladas cambio rodetes	Ton	31,450
Costo reparacion rodetes	US \$	40,012
Cantidad de Ton cambio agujas	Ton	7,000
Costo reparacion agujas y asentos	US\$	1,280

Se ha considerado una unidad de 20 MW a quien le corresponde 1 rodete y 2 Juegos de agujas y asentos



Flujo de Costos por Reparación de Rodetes																			
		cambio de rodete a: 31,450 Ton																	
Concrt sólidos (gr/ftro)		12 gr/ftro		8 gr/ftro		5 gr/ftro		3 gr/ftro		2.5 gr/ftro		2 gr/ftro		1.5 gr/ftro		1 gr/ftro		0.5 gr/ftro	
No veces	Costo de Reparacion	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparc
1	40,012	0.16	39,947	0.25	39,914	0.39	39,856	0.65	39,752	0.79	39,700	0.98	39,623	1.31	39,494	1.96	39,238	3.93	38,478
2	40,012	0.33	39,882	0.49	39,817	0.79	39,700	1.31	39,494	1.57	39,391	1.96	39,238	2.62	38,983	3.93	38,478	7.86	37,003
3	40,012	0.49	39,817	0.74	39,720	1.18	39,546	1.96	39,238	2.36	39,085	2.95	38,856	3.93	38,478	5.89	37,734	11.78	35,585
4	40,012	0.65	39,752	0.98	39,623	1.57	39,391	2.62	38,983	3.14	38,780	3.93	38,478	5.24	37,980	7.86	37,003	15.71	34,221
5	40,012	0.82	39,688	1.23	39,526	1.96	39,238	3.27	38,730	3.93	38,478	4.91	38,104	6.55	37,489	9.82	36,287	19.64	32,909
6	40,012	0.98	39,623	1.47	39,430	2.36	39,085	3.93	38,478	4.71	38,179	5.89	37,734	7.86	37,003	11.78	35,585	23.57	31,648
7	40,012	1.15	39,558	1.72	39,334	2.75	38,932	4.58	38,228	5.50	37,881	6.87	37,367	9.17	36,524	13.75	34,896	27.50	30,435
8	40,012	1.31	39,494	1.96	39,238	3.14	38,780	5.24	37,980	6.28	37,586	7.86	37,003	10.47	36,052	15.71	34,221	31.42	29,268
9	40,012	1.47	39,430	2.21	39,142	3.54	38,629	5.89	37,734	7.07	37,294	8.84	36,643	11.78	35,585	17.68	33,559	35.35	28,146
10	40,012	1.64	39,366	2.46	39,046	3.93	38,478	6.55	37,489	7.86	37,003	9.82	36,287	13.09	35,124	19.64	32,909	39.26	27,067
11	40,012	1.80	39,302	2.70	38,951	4.32	38,328	7.20	37,245	8.64	36,715	10.80	35,934	14.40	34,670	21.60	32,272	43.21	26,030
12	40,012	1.96	39,238	2.95	38,856	4.71	38,179	7.86	37,003	9.43	36,429	11.78	35,585	15.71	34,221	23.57	31,648	47.14	25,032

Flujo de Costos por Reparación de Agujas y Asientos																					
No veces	Costo de Reparacion	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repar		
1	1,280	0.07	1,279	0.11	1,279	0.17	1,278	0.29	1,276	0.35	1,276	0.44	1,274	0.58	1,273	0.87	1,269	1.17	1,265		
2	1,280	0.15	1,278	0.22	1,277	0.35	1,276	0.58	1,273	0.70	1,271	0.87	1,269	1.17	1,265	1.31	1,263	1.75	1,258		
3	1,280	0.22	1,277	0.33	1,276	0.52	1,273	0.87	1,269	1.05	1,267	1.31	1,263	1.75	1,258	2.33	1,251	3.50	1,236		
4	1,280	0.29	1,276	0.44	1,274	0.70	1,271	1.17	1,265	1.40	1,262	1.75	1,258	2.33	1,251	3.50	1,236	6.99	1,194		
5	1,280	0.36	1,275	0.55	1,273	0.87	1,269	1.46	1,262	1.75	1,258	2.19	1,252	2.91	1,243	4.37	1,226	8.74	1,173		
6	1,280	0.44	1,274	0.68	1,272	1.05	1,267	1.75	1,258	2.10	1,254	2.62	1,247	3.50	1,236	5.25	1,215	10.49	1,153		
7	1,280	0.51	1,274	0.77	1,270	1.22	1,265	2.04	1,254	2.45	1,249	3.06	1,242	4.08	1,229	6.12	1,204	12.24	1,133		
8	1,280	0.58	1,273	0.87	1,269	1.40	1,262	2.33	1,251	2.80	1,245	3.50	1,236	4.66	1,222	6.99	1,194	13.99	1,114		
9	1,280	0.68	1,272	0.98	1,268	1.57	1,260	2.62	1,247	3.15	1,241	3.93	1,231	5.25	1,215	7.87	1,184	15.74	1,094		
10	1,280	0.73	1,271	1.09	1,266	1.75	1,258	2.91	1,243	3.50	1,236	4.37	1,226	5.83	1,208	8.74	1,173	17.49	1,076		
11	1,280	0.80	1,270	1.20	1,265	1.92	1,256	3.21	1,240	3.85	1,232	4.81	1,220	6.41	1,201	9.62	1,163	19.23	1,057		
12	1,280	0.87	1,269	1.31	1,263	2.10	1,254	3.50	1,236	4.20	1,228	5.25	1,215	6.99	1,194	10.49	1,153	20.98	1,039		
13	1,280	0.95	1,268	1.42	1,262	2.27	1,251	3.79	1,233	4.55	1,223	5.66	1,210	7.58	1,187	11.37	1,143	22.73	1,021		
14	1,280	1.02	1,267	1.53	1,261	2.45	1,249	4.08	1,229	4.90	1,219	6.12	1,204	8.16	1,180	12.24	1,133	24.48	1,003		
15	1,280	1.09	1,266	1.64	1,259	2.62	1,247	4.37	1,226	5.25	1,215	6.56	1,199	8.74	1,173	13.11	1,123	26.23	986		
16	1,280	1.17	1,265	1.75	1,258	2.80	1,245	4.66	1,222	5.60	1,211	6.99	1,194	9.33	1,167	13.99	1,114	27.98	969		
17	1,280	1.24	1,264	1.86	1,257	2.97	1,243	4.95	1,218	5.95	1,206	7.43	1,189	9.91	1,160	14.86	1,104	29.73	952		
18	1,280	1.31	1,263	1.97	1,255	3.15	1,241	5.25	1,215	6.29	1,202	7.87	1,184	10.49	1,153	15.74	1,094	31.47	936		
19	1,280	1.38	1,262	2.08	1,254	3.32	1,238	5.54	1,211	6.64	1,198	8.31	1,178	11.07	1,146	16.61	1,085	33.22	920		
20	1,280	1.46	1,262	2.19	1,252	3.50	1,236	5.83	1,208	6.99	1,194	8.74	1,173	11.66	1,140	17.49	1,076	34.97	904		
21	1,280	1.53	1,261	2.30	1,251	3.67	1,234	6.12	1,204	7.34	1,190	9.18	1,168	12.24	1,133	18.36	1,066	36.72	888		
22	1,280	1.60	1,260	2.40	1,250	3.85	1,232	6.41	1,201	7.69	1,186	9.62	1,163	12.82	1,127	19.23	1,057	38.47	873		
23	1,280	1.68	1,259	2.51	1,248	4.02	1,230	6.70	1,197	8.04	1,182	10.05	1,158	13.41	1,120	20.11	1,048	40.22	858		
24	1,280	1.75	1,258	2.62	1,247	4.20	1,228	6.99	1,194	8.39	1,177	10.49	1,153	13.99	1,114	20.98	1,039	41.97	843		
25	1,280	1.82	1,257	2.73	1,246	4.37	1,226	7.29	1,190	8.74	1,173	10.93	1,148	14.57	1,107	21.86	1,030	43.72	829		
26	1,280	1.89	1,256	2.84	1,244	4.55	1,223	7.58	1,187	9.09	1,169	11.37	1,143	15.15	1,101	22.73	1,021	45.46	814		
27	1,280	1.97	1,255	2.95	1,243	4.72	1,221	7.87	1,184	9.44	1,165	11.80	1,138	15.74	1,094	23.61	1,012	47.21	800		
28	1,280	2.04	1,254	3.06	1,242	4.90	1,219	8.16	1,180	9.79	1,161	12.24	1,133	16.32	1,088	24.48	1,003	48.96	786		
29	1,280	2.11	1,253	3.17	1,240	5.07	1,217	8.45	1,177	10.14	1,157	12.68	1,128	16.80	1,082	25.35	995	50.71	773		
30	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0		
Costo Tot US\$			517,264		511,815		509,119		504,309		495,904		491,770		485,651		475,670		456,495		404,718

Costos Variables Central Hidroeléctrica Cañon del Pato

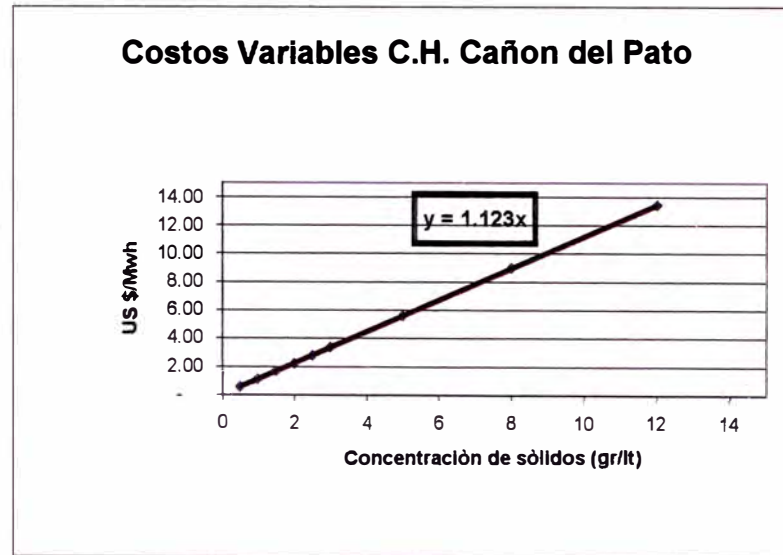
cambio rodete a : 48,600 Ton

Concentración de sólidos	gr/litro	12	8	6	3	2.6	2	1.6	1	0.6
Periodo cambio de agujas asientos	meses	0.07	0.11	0.17	0.29	0.35	0.44	0.58	0.87	1.75
Periodo cambio de rodetes	meses	0.25	0.38	0.61	1.01	1.21	1.51	2.02	3.03	6.08
Costo Cambio de agujas	US\$	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280
Costo cambio rodetes	US\$	47,990	47,990	47,990	47,990	47,990	47,990	47,990	47,990	47,990
Tasa de descuento anual		12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
Costo Nominal	US\$	633,480	633,480	633,480	633,480	633,480	633,480	633,480	633,480	633,480
Costo Actualizado	US\$	623,227	618,180	609,228	593,724	586,163	575,054	557,142	523,452	437,282
Mensualidad	US\$	194,018	129,342	80,835	48,495	40,410	32,324	24,237	18,148	8,050
Energía Mensual	MWh	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
Costo Variable	US\$/MWh	13.47	8.98	5.61	3.37	2.81	2.24	1.68	1.12	0.56

Parámetros considerados en el cálculo

Cantidad de Toneladas cambio rodetes	Ton	48,500
Costo reparacion rodetes	US \$	47,990
Cantidad de Ton cambio agujas	Ton	7,000
Costo reparacion agujas y asientos	US\$	1,280

Se ha considerado una unidad de 20 MW a quien le corresponde 1 rodete y 2 juegos de agujas y asientos



Flujo de Costos por Reparación de Rodetes																			cambio de rodeta a: 48,500 Ton	
Concret solidos (gr/ft ³)		12 gr/ft ³		8 gr/ft ³		5 gr/ft ³		3 gr/ft ³		2.5 gr/ft ³		2 gr/ft ³		1.5 gr/ft ³		1 gr/ft ³		0.5 gr/ft ³		
No veces	Costo de Reparación	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	
1	47,990	0.25	47,870	0.38	47,810	0.81	47,702	1.01	47,510	1.21	47,415	1.51	47,272	2.02	47,035	3.03	46,565	6.06	45,183	
2	47,990	0.50	47,750	0.76	47,630	1.21	47,415	2.02	47,035	2.42	46,847	3.03	46,565	4.04	46,100	6.06	45,183	12.12	42,540	
3	47,990	0.76	47,630	1.14	47,451	1.82	47,130	3.03	46,565	3.63	46,285	4.54	45,869	6.06	45,183	9.09	43,841	18.17	40,051	
4	47,990	1.01	47,510	1.51	47,272	2.42	46,847	4.04	46,100	4.85	45,731	6.06	45,183	8.08	44,284	12.12	42,540	24.23	37,709	
5	47,990	1.28	47,391	1.89	47,095	3.03	46,565	5.05	45,639	6.06	45,183	7.57	44,507	10.10	43,403	15.14	41,277	30.29	35,503	
6	47,990	1.51	47,272	2.27	46,917	3.63	46,285	6.06	45,183	7.27	44,641	9.09	43,841	12.12	42,540	18.17	40,051	36.35	33,426	
7	47,990	1.77	47,154	2.65	46,741	4.24	46,007	7.07	44,731	8.48	44,106	10.60	43,186	14.13	41,694	21.20	38,862	42.40	31,471	
8	47,990	2.02	47,035	3.03	46,565	4.85	45,731	8.08	44,284	9.69	43,578	12.12	42,540	16.15	40,864	24.23	37,709	48.46	29,630	
9	47,990	2.27	46,917	3.41	46,390	5.45	45,456	9.09	43,841	10.90	43,056	13.63	41,904	18.17	40,051	27.26	36,589	54.52	27,897	
10	47,990	2.52	46,800	3.79	46,216	6.06	45,183	10.10	43,403	12.12	42,540	15.14	41,277	20.19	39,255	30.29	35,503	60.58	26,265	
11	47,990	2.78	46,682	4.16	46,042	6.66	44,911	11.11	42,989	13.33	42,030	16.66	40,660	22.21	38,474	33.32	34,449	66.63	24,729	
12	47,990	3.03	46,565	4.54	45,869	7.27	44,641	12.12	42,540	14.54	41,526	18.17	40,051	24.23	37,709	36.35	33,426	72.69	23,282	

Flujo de Costos por Reparación de Agujas y Asientos																			
No veces	Costo de Reparación	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara	# meses al actual	Valor Actual Costo Repara
1	1,280	0.07	1,279	0.11	1,279	0.17	1,278	0.29	1,276	0.35	1,276	0.44	1,274	0.58	1,273	0.87	1,269	1.75	1,258
2	1,280	0.15	1,278	0.22	1,277	0.35	1,276	0.58	1,273	0.70	1,271	0.87	1,269	1.17	1,265	1.40	1,262	2.15	1,254
3	1,280	0.22	1,277	0.33	1,276	0.52	1,273	0.87	1,269	1.05	1,267	1.31	1,263	1.75	1,258	2.33	1,251	3.50	1,236
4	1,280	0.29	1,276	0.44	1,274	0.70	1,271	1.17	1,265	1.40	1,262	1.75	1,258	2.33	1,251	3.50	1,236	6.99	1,194
5	1,280	0.38	1,275	0.55	1,273	0.87	1,269	1.46	1,262	1.75	1,258	2.19	1,252	2.91	1,243	4.37	1,226	8.74	1,173
6	1,280	0.44	1,274	0.68	1,272	1.05	1,267	1.75	1,258	2.10	1,254	2.62	1,247	3.50	1,236	5.25	1,215	10.49	1,153
7	1,280	0.51	1,274	0.77	1,270	1.22	1,265	2.04	1,254	2.45	1,249	3.06	1,242	4.08	1,229	6.12	1,204	12.24	1,133
8	1,280	0.58	1,273	0.87	1,269	1.40	1,262	2.33	1,251	2.80	1,245	3.50	1,236	4.66	1,222	6.99	1,194	13.99	1,114
9	1,280	0.66	1,272	0.98	1,268	1.57	1,260	2.62	1,247	3.15	1,241	3.93	1,231	5.25	1,215	7.67	1,184	15.74	1,094
10	1,280	0.73	1,271	1.09	1,266	1.75	1,258	2.91	1,243	3.50	1,236	4.37	1,226	5.83	1,208	8.74	1,173	17.49	1,076
11	1,280	0.80	1,270	1.20	1,265	1.92	1,256	3.21	1,240	3.85	1,232	4.81	1,220	6.41	1,201	9.62	1,163	19.23	1,057
12	1,280	0.87	1,269	1.31	1,263	2.10	1,254	3.50	1,236	4.20	1,228	5.25	1,215	6.99	1,194	10.49	1,153	20.98	1,039
13	1,280	0.95	1,268	1.42	1,262	2.27	1,251	3.79	1,233	4.55	1,223	5.68	1,210	7.58	1,187	11.37	1,143	22.73	1,021
14	1,280	1.02	1,267	1.53	1,261	2.45	1,249	4.08	1,229	4.90	1,219	6.12	1,204	8.16	1,180	12.24	1,133	24.48	1,003
15	1,280	1.09	1,266	1.64	1,259	2.62	1,247	4.37	1,226	5.25	1,215	6.56	1,199	8.74	1,173	13.11	1,123	26.23	986
16	1,280	1.17	1,265	1.75	1,258	2.80	1,245	4.66	1,222	5.60	1,211	6.99	1,194	9.33	1,167	13.99	1,114	27.98	969
17	1,280	1.24	1,264	1.86	1,257	2.97	1,243	4.95	1,218	5.95	1,206	7.43	1,189	9.91	1,160	14.66	1,104	29.73	952
18	1,280	1.31	1,263	1.97	1,255	3.15	1,241	5.25	1,215	6.29	1,202	7.87	1,184	10.49	1,153	15.74	1,094	31.47	936
19	1,280	1.38	1,262	2.08	1,254	3.32	1,238	5.54	1,211	6.64	1,198	8.31	1,178	11.07	1,146	16.61	1,085	33.22	920
20	1,280	1.46	1,262	2.19	1,252	3.50	1,236	5.83	1,208	6.99	1,194	8.74	1,173	11.66	1,140	17.49	1,076	34.97	904
21	1,280	1.53	1,261	2.30	1,251	3.67	1,234	6.12	1,204	7.34	1,190	9.18	1,168	12.24	1,133	18.36	1,066	36.72	888
22	1,280	1.60	1,260	2.40	1,250	3.85	1,232	6.41	1,201	7.69	1,186	9.62	1,163	12.82	1,127	19.23	1,057	38.47	873
23	1,280	1.68	1,259	2.51	1,248	4.02	1,230	6.70	1,197	8.04	1,182	10.05	1,158	13.41	1,120	20.11	1,048	40.22	858
24	1,280	1.75	1,258	2.62	1,247	4.20	1,228	6.99	1,194	8.39	1,177	10.49	1,153	13.99	1,114	20.98	1,039	41.97	843
25	1,280	1.82	1,257	2.73	1,246	4.37	1,226	7.29	1,190	8.74	1,173	10.93	1,148	14.57	1,107	21.88	1,030	43.72	829
26	1,280	1.89	1,256	2.84	1,244	4.55	1,223	7.58	1,187	9.09	1,169	11.37	1,143	15.15	1,101	22.73	1,021	45.46	814
27	1,280	1.97	1,255	2.95	1,243	4.72	1,221	7.87	1,184	9.44	1,165	11.80	1,138	15.74	1,094	23.61	1,012	47.21	800
28	1,280	2.04	1,254	3.06	1,242	4.90	1,219	8.16	1,180	9.79	1,161	12.24	1,133	16.32	1,088	24.48	1,003	48.96	786
29	1,280	2.11	1,253	3.17	1,240	5.07	1,217	8.45	1,177	10.14	1,157	12.68	1,128	16.90	1,082	25.35	995	50.71	773
30	1,280	2.19	1,252	3.28	1,239	5.25	1,215	8.74	1,173	10.49	1,153	13.11	1,123	17.49	1,076	26.23	988	52.46	759
31	1,280	2.26	1,252	3.39	1,238	5.42	1,213	9.03	1,170	10.84	1,149	13.55	1,119	18.07	1,069	27.10	977	54.21	746
32	1,280	2.33	1,251	3.50	1,236	5.60	1,211	9.33	1,167	11.19	1,145	13.99	1,114	18.65	1,063	27.98	969	55.96	734
33	1,280	2.40	1,250	3.61	1,235	5.77	1,209	9.62	1,163	11.54	1,141	14.43	1,109	19.23	1,057	28.85	961	57.70	721
34	1,280	2.48	1,249	3.72	1,234	5.95	1,206	9.91	1,160	11.89	1,137	14.86	1,104	19.82	1,051	29.73	952	59.45	708
35	1,280	2.55	1,248	3.83	1,232	6.12	1,204	10.20	1,156	12.24	1,133	15.30	1,099	20.40	1,045	30.60	944	61.20	696
36	1,280	2.62	1,247	3.93	1,231	6.29	1,202	10.49	1,153	12.59	1,129	15.74	1,094	20.98	1,039	31.47	936	62.95	684
37	1,280	2.70	1,246	4.04	1,230	6.47	1,200	10.78	1,150	12.94	1,125	16.17	1,090	21.57	1,033	32.35	928	64.70	672
38	1,280	2.77	1,245	4.15	1,228	6.64	1,198	11.07	1,146	13.29	1,121	16.61	1,085	22.15	1,027	33.22	920	66.45	661
39	1,280	2.84	1,244	4.26	1,227	6.82	1,196	11.37	1,143	13.64	1,118	17.05	1,080	22.73	1,021	34.10	912	68.20	649
40	1,280	2.91	1,243	4.37	1,226	6.99	1,194	11.66	1,140	13.99	1,114	17.49	1,076	23.31	1,015	34.97	904	69.94	638
41	1,280	2.99	1,243	4.48	1,224	7.17	1,192	11.95	1,137	14.34	1,110	17.92	1,071	23.90	1,009	35.85	896	71.69	627
42	1,280	3.06	1,242	4.59	1,223	7.34	1,190	12.24	1,133	14.69	1,106	18.36	1,066	24.48	1,003	36.72	888	73.44	616
43	1,280	3.13	1,241	4.70	1,222	7.52	1,188	12.53	1,130	15.04	1,102	18.80	1,062	25.06	997	37.59	881	75.19	606
44	1,280	3.21	1,240	4.81	1,220	7.69	1,186	12.82	1,127	15.39	1,098	19.23	1,057	25.65	992	38.47	873	76.94	595
45	1,280	3.28	1,239	4.92	1,219	7.87	1,184	13.11	1,123	15.74	1,094	19.67	1,052	26.23	986	39.34	865	78.69	585
46	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
Costo Tot US\$	633,480		623,227		616,180		609,228		593,724		586,163		575,054		557,142		523,452		

Costos Variables Central Hidroeléctrica Cañon del Pato

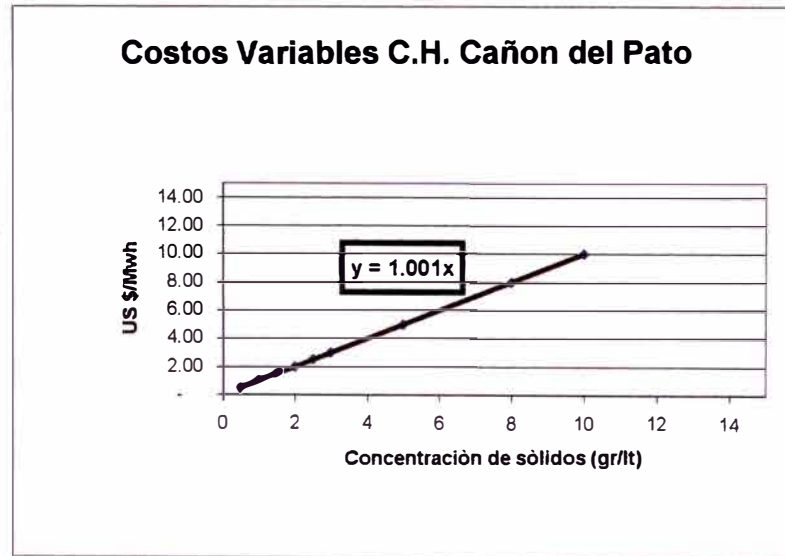
cambio rodete a : 58,500 Ton

Concentración de sólidos	gr/litro	10	8	6	3	2.5	2	1.5	1	0.5
Periodo cambio de agujas asentos	meses	0.09	0.11	0.17	0.29	0.35	0.44	0.58	0.87	1.75
Periodo cambio de rodetes	meses	0.37	0.48	0.74	1.24	1.49	1.88	2.48	3.72	7.43
Costo Cambio de agujas	US\$	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280
Costo cambio rodetes	US\$	51,870	51,870	51,870	51,870	51,870	51,870	51,870	51,870	51,870
Tasa de descuento anual		12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
Costo Nominal	US\$	692,840	692,840	692,840	692,840	692,840	692,840	692,840	692,840	692,840
Costo Actualizado	US\$	678,421	672,395	660,501	640,021	630,089	615,585	592,316	549,174	442,487
Mensualidad	US\$	144,139	115,310	72,084	43,233	38,024	28,815	21,804	14,391	7,185
Energía Mensual	MWh	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
Costo Variable	US\$/MWh	10.01	8.01	5.00	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00	0.50

Parametros considerados en el calculo

Cantidad de Toneladas cambio rodetes	Ton	58,500
Costo reparacion rodetes	US \$	51,870
Cantidad de Ton cambio agujas	Ton	7,000
Costo reparacion agujas y asentos	US\$	1,280

Se ha considerado una unidad de 20 MW a quien le corresponde 1 rodete y 2 juegos de agujas y asentos



Flujo de Costos por Reparación de Rodetes																	cambio de rodete a: 59,500 Ton			
Concret soldos (gr/litro)		10 gr/litro		8 gr/litro		5 gr/litro		3 gr/litro		2.5 gr/litro		2 gr/litro		1.5 gr/litro		1 gr/litro		0.5 gr/litro		
No veces	Costo de Reparación	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	
1	51,870	0.37	51,679	0.46	51,631	0.74	51,488	1.24	51,235	1.49	51,109	1.86	50,920	2.48	50,607	3.72	49,987	7.43	48,173	
2	51,870	0.74	51,488	0.93	51,393	1.49	51,109	2.48	50,607	2.97	50,358	3.72	49,987	4.95	49,375	7.43	48,173	14.86	44,739	
3	51,870	1.11	51,298	1.39	51,156	2.23	50,732	3.72	49,987	4.46	49,619	5.57	49,072	7.43	48,173	11.15	46,424	22.29	41,550	
4	51,870	1.49	51,109	1.86	50,920	2.97	50,358	4.95	49,375	5.95	48,891	7.43	48,173	9.91	47,000	14.86	44,739	29.73	38,589	
5	51,870	1.86	50,920	2.32	50,685	3.72	49,987	6.19	48,770	7.43	48,173	9.29	47,290	12.39	45,856	18.58	43,115	37.16	35,838	
6	51,870	2.23	50,732	2.79	50,451	4.46	49,619	7.43	48,173	8.92	47,466	11.15	46,424	14.86	44,739	22.29	41,550	44.59	33,284	
7	51,870	2.60	50,545	3.25	50,219	5.20	49,253	8.67	47,583	10.40	46,769	13.01	45,574	17.34	43,650	26.01	40,042	52.02	30,911	
8	51,870	2.97	50,358	3.72	49,987	5.95	48,891	9.91	47,000	11.89	46,082	14.86	44,739	19.82	42,587	29.73	38,589	59.45	28,708	
9	51,870	3.34	50,172	4.18	49,757	6.69	48,530	11.15	46,424	13.38	45,406	16.72	43,920	22.29	41,550	33.44	37,188	66.88	26,662	
10	51,870	3.72	49,987	4.84	49,527	7.43	48,173	12.39	45,856	14.86	44,739	18.58	43,115	24.77	40,539	37.16	35,838	74.32	24,761	
11	51,870	4.09	49,803	5.11	49,299	8.17	47,818	13.62	45,294	16.35	44,082	20.41	42,325	27.25	39,552	40.87	34,537	81.75	22,996	
12	51,870	4.46	49,619	5.57	49,072	8.92	47,466	14.86	44,739	17.84	43,435	22.29	41,550	29.73	38,589	44.59	33,284	89.18	21,357	

Flujo de Costos por Reparación de Agujas y Asientos																			
No veces	Costo de Reparación	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac		
1	1,280	0.09	1,279	0.11	1,279	0.17	1,278	0.29	1,276	0.35	1,276	0.44	1,274	0.58	1,273	0.87	1,269	1.75	1,258
2	1,280	0.17	1,278	0.22	1,277	0.35	1,276	0.58	1,273	0.70	1,271	0.87	1,269	1.17	1,265	1.75	1,258	3.50	1,236
3	1,280	0.26	1,277	0.33	1,276	0.52	1,273	0.87	1,269	1.05	1,267	1.31	1,263	1.75	1,258	2.62	1,247	5.25	1,215
4	1,280	0.35	1,276	0.44	1,274	0.70	1,271	1.17	1,265	1.40	1,262	1.75	1,258	2.33	1,251	3.50	1,236	6.99	1,194
5	1,280	0.44	1,274	0.55	1,273	0.87	1,269	1.46	1,262	1.75	1,258	2.19	1,252	2.91	1,243	4.37	1,226	8.74	1,173
6	1,280	0.52	1,273	0.66	1,272	1.05	1,267	1.75	1,258	2.10	1,254	2.62	1,247	3.50	1,236	5.25	1,215	10.49	1,153
7	1,280	0.61	1,272	0.77	1,270	1.22	1,265	2.04	1,254	2.45	1,249	3.06	1,242	4.08	1,229	6.12	1,204	12.24	1,133
8	1,280	0.70	1,271	0.87	1,269	1.40	1,262	2.33	1,251	2.80	1,245	3.50	1,236	4.66	1,222	6.99	1,194	13.99	1,114
9	1,280	0.79	1,270	0.98	1,268	1.57	1,260	2.62	1,247	3.15	1,241	3.93	1,231	5.25	1,215	7.87	1,184	15.74	1,094
10	1,280	0.87	1,269	1.09	1,266	1.75	1,258	2.91	1,243	3.50	1,236	4.37	1,226	5.83	1,208	8.74	1,173	17.49	1,076
11	1,280	0.96	1,268	1.20	1,265	1.92	1,256	3.21	1,240	3.85	1,232	4.81	1,220	6.41	1,201	9.62	1,163	19.23	1,057
12	1,280	1.05	1,267	1.31	1,263	2.10	1,254	3.50	1,236	4.20	1,228	5.25	1,215	6.99	1,194	10.49	1,153	20.98	1,039
13	1,280	1.14	1,266	1.42	1,262	2.27	1,251	3.79	1,233	4.55	1,223	5.68	1,210	7.58	1,187	11.37	1,143	22.73	1,021
14	1,280	1.22	1,265	1.53	1,261	2.45	1,249	4.08	1,229	4.90	1,219	6.12	1,204	8.16	1,180	12.24	1,133	24.48	1,003
15	1,280	1.31	1,263	1.64	1,259	2.62	1,247	4.37	1,226	5.25	1,215	6.56	1,199	8.74	1,173	13.11	1,123	26.23	986
16	1,280	1.40	1,262	1.75	1,258	2.80	1,245	4.66	1,222	5.60	1,211	6.99	1,194	9.33	1,167	13.99	1,114	27.98	969
17	1,280	1.49	1,261	1.86	1,257	2.97	1,243	4.95	1,218	5.95	1,206	7.43	1,189	9.91	1,160	14.86	1,104	29.73	952
18	1,280	1.57	1,260	1.97	1,255	3.15	1,241	5.25	1,215	6.29	1,202	7.67	1,184	10.49	1,153	15.74	1,094	31.47	936
19	1,280	1.66	1,259	2.08	1,254	3.32	1,238	5.54	1,211	6.64	1,198	8.31	1,178	11.07	1,146	16.61	1,085	33.22	920
20	1,280	1.75	1,258	2.19	1,252	3.50	1,236	5.83	1,208	6.99	1,194	8.74	1,173	11.66	1,140	17.49	1,076	34.97	904
21	1,280	1.84	1,257	2.30	1,251	3.67	1,234	6.12	1,204	7.34	1,190	9.18	1,168	12.24	1,133	18.36	1,066	36.72	888
22	1,280	1.92	1,256	2.40	1,250	3.85	1,232	6.41	1,201	7.69	1,186	9.62	1,163	12.82	1,127	19.23	1,057	38.47	873
23	1,280	2.01	1,255	2.51	1,248	4.02	1,230	6.70	1,197	8.04	1,182	10.05	1,158	13.41	1,120	20.11	1,048	40.22	858
24	1,280	2.10	1,254	2.62	1,247	4.20	1,228	6.99	1,194	8.39	1,177	10.49	1,153	13.99	1,114	20.98	1,039	41.97	843
25	1,280	2.19	1,252	2.73	1,246	4.37	1,226	7.29	1,190	8.74	1,173	10.93	1,148	14.57	1,107	21.86	1,030	43.72	829
26	1,280	2.27	1,251	2.84	1,244	4.55	1,223	7.58	1,187	9.09	1,169	11.37	1,143	15.15	1,101	22.73	1,021	45.46	814
27	1,280	2.36	1,250	2.95	1,243	4.72	1,221	7.87	1,184	9.44	1,165	11.80	1,138	15.74	1,094	23.61	1,012	47.21	800
28	1,280	2.45	1,249	3.06	1,242	4.90	1,219	8.16	1,180	9.79	1,161	12.24	1,133	16.32	1,088	24.48	1,003	48.96	786
29	1,280	2.54	1,248	3.17	1,240	5.07	1,217	8.45	1,177	10.14	1,157	12.68	1,128	16.90	1,082	25.35	995	50.71	773
30	1,280	2.62	1,247	3.28	1,239	5.25	1,215	8.74	1,173	10.49	1,153	13.11	1,123	17.49	1,076	26.23	986	52.46	759
31	1,280	2.71	1,246	3.39	1,238	5.42	1,213	9.03	1,170	10.84	1,149	13.55	1,119	18.07	1,069	27.10	977	54.21	746
32	1,280	2.80	1,245	3.50	1,236	5.60	1,211	9.33	1,167	11.19	1,145	13.99	1,114	18.65	1,063	27.98	969	55.96	734
33	1,280	2.89	1,244	3.61	1,235	5.77	1,209	9.62	1,163	11.54	1,141	14.43	1,109	19.23	1,057	28.85	961	57.70	721
34	1,280	2.97	1,243	3.72	1,234	5.95	1,206	9.91	1,160	11.89	1,137	14.86	1,104	19.82	1,051	29.73	952	59.45	708
35	1,280	3.06	1,242	3.83	1,232	6.12	1,204	10.20	1,156	12.24	1,133	15.30	1,099	20.40	1,045	30.60	944	61.20	696
36	1,280	3.15	1,241	3.93	1,231	6.29	1,202	10.49	1,153	12.59	1,129	15.74	1,094	20.98	1,039	31.47	936	62.95	684
37	1,280	3.23	1,239	4.04	1,230	6.47	1,200	10.78	1,150	12.94	1,125	16.17	1,090	21.57	1,033	32.35	928	64.70	672
38	1,280	3.32	1,238	4.15	1,228	6.64	1,198	11.07	1,146	13.29	1,121	16.61	1,085	22.15	1,027	33.22	920	66.45	661
39	1,280	3.41	1,237	4.26	1,227	6.82	1,196	11.37	1,143	13.64	1,118	17.05	1,080	22.73	1,021	34.10	912	68.20	649
40	1,280	3.50	1,236	4.37	1,226	6.99	1,194	11.66	1,140	13.99	1,114	17.49	1,076	23.31	1,015	34.97	904	69.94	638
41	1,280	3.58	1,235	4.48	1,224	7.17	1,192	11.95	1,137	14.34	1,110	17.92	1,071	23.90	1,009	35.85	896	71.69	627
42	1,280	3.67	1,234	4.59	1,223	7.34	1,190	12.24	1,133	14.69	1,106	18.36	1,066	24.48	1,003	36.72	888	73.44	616
43	1,280	3.76	1,233	4.70	1,222	7.52	1,188	12.53	1,130	15.04	1,102	18.80	1,062	25.06	997	37.59	881	75.19	606
44	1,280	3.85	1,232	4.81	1,220	7.69	1,186	12.82	1,127	15.39	1,098	19.23	1,057	25.65	992	38.47	873	76.94	595
45	1,280	3.93	1,231	4.92	1,219	7.87	1,184	13.11	1,123	15.74	1,094	19.67	1,052	26.23	986	39.34	865	78.69	585
46	1,280	4.02	1,230	5.03	1,218	8.04	1,182	13.41	1,120	16.09	1,091	20.11	1,048	26.81	980	40.22	858	80.44	575
47	1,280	4.11	1,229	5.14	1,216	8.22	1,179	13.70	1,117	16.44	1,087	20.55	1,043	27.39	975	41.09	850	82.18	565
48	1,280	4.20	1,228	5.25															

Costos Variables Central Hidroeléctrica Cañon del Pato

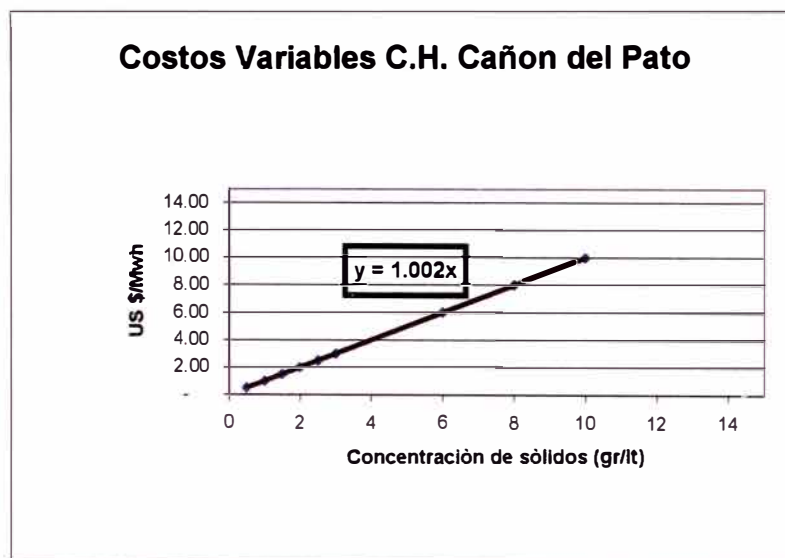
cambio rodete a : 88000 Ton

Concentración de sólidos	gr/litro	10	8	8	3	2.5	2	1.6	1	0.6
Período cambio de agujas asentos	meses	0.09	0.11	0.15	0.28	0.35	0.44	0.58	0.87	1.75
Período cambio de rodetes	meses	0.42	0.53	0.71	1.42	1.70	2.12	2.83	4.25	8.49
Costo Cambio de agujas	US\$	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280
Costo cambio rodetes	US\$	59,350	59,350	59,350	59,350	59,350	59,350	59,350	59,350	59,350
Tasa de descuento anual		12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
Costo Nominal	US\$	792,840	792,840	792,840	792,840	792,840	792,840	792,840	792,840	792,840
Costo Actualizado	US\$	771,415	788,175	757,545	724,258	711,474	892,847	883,197	808,739	477,484
Mensualidad	US\$	144,324	115,457	88,590	43,288	38,098	28,848	21,828	14,403	7,182
Energía Mensual	MWh	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
Costo Variable	US\$/MWh	10.02	8.02	6.01	3.01	2.50	2.00	1.50	1.00	0.50

Parámetros considerados en el cálculo

Cantidad de Toneladas cambio rodetes	Ton	88,000
Costo reparación rodetes	US \$	59,350
Cantidad de Ton cambio agujas	Ton	7,000
Costo reparación agujas y asentos	US\$	1,280

Se ha considerado una unidad de 20 MW a quien le corresponde 1 rodete y 2 juegos de agujas y asentos

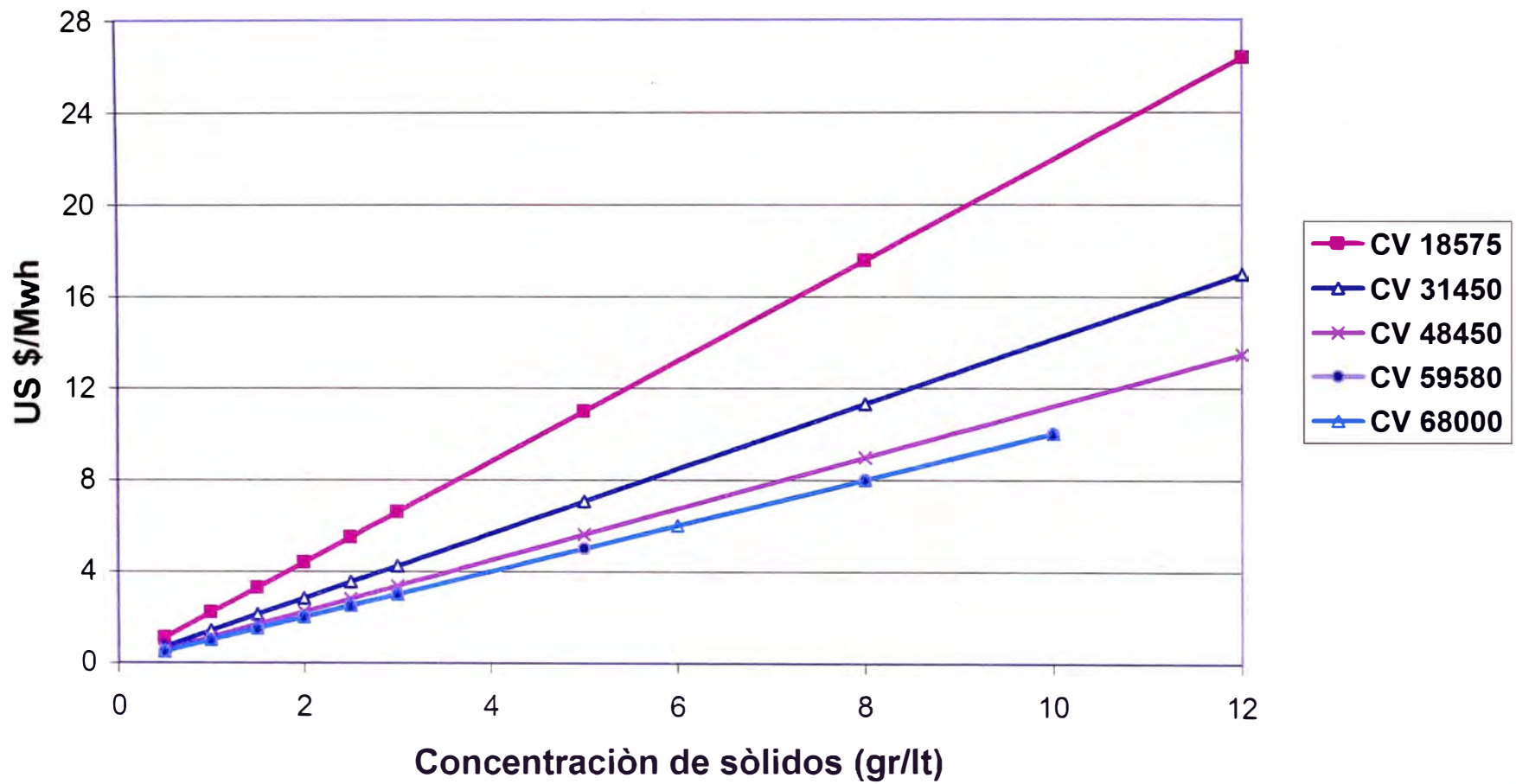


Flujo de Costos por Reparación de Rodetes																		cambio de rodetes a: 68,730 Ton										
Concreto salidos (grñtro)		10 grñtro			8 grñtro			6 grñtro			3 grñtro			2.5 grñtro			2 grñtro			1.5 grñtro			1 grñtro			0.5 grñtro		
No veces	Costo de Reparación	# meses al actual	Valor Actual	# meses al actual	Valor Actual	# meses al actual	Valor Actual	# meses al actual	Valor Actual	# meses al actual	Valor Actual	# meses al actual	Valor Actual	# meses al actual	Valor Actual	# meses al actual	Valor Actual	# meses al actual	Valor Actual	# meses al actual	Valor Actual	# meses al actual	Valor Actual	# meses al actual	Valor Actual	# meses al actual	Valor Actual	
1	59,350	0.42	59,100	0.53	59,037	0.71	58,933	1.42	58,520	1.70	58,355	2.12	58,109	2.83	57,701	4.25	56,894	8.49	54,540	16.99	50,121	33.97	42,326	67.95	30,186	60.37	22,740	45.48
2	59,350	0.85	58,851	1.06	58,726	1.42	58,520	2.83	57,701	3.40	57,377	4.25	56,894	5.66	56,099	8.49	54,540	12.74	52,284	25.48	46,059	50.96	35,744	71.92	26,740	53.96	18,480	36.96
3	59,350	1.27	58,602	1.59	58,411	2.12	58,109	4.25	56,894	5.10	56,416	6.37	55,705	8.49	54,540	11.32	53,025	22.65	47,375	45.48	38,896	77.92	30,186	60.37	22,740	45.48	15,000	30.00
4	59,350	1.70	58,355	2.12	58,109	2.83	57,701	5.66	56,099	6.79	55,470	8.49	54,540	11.32	53,025	16.99	50,121	33.97	42,326	67.95	30,186	60.37	22,740	45.48	15,000	30.00	10,000	20.00
5	59,350	2.12	58,109	2.65	57,803	3.54	57,298	7.08	55,314	8.49	54,540	10.62	53,400	14.16	51,553	21.23	48,047	42.47	38,896	77.92	30,186	60.37	22,740	45.48	15,000	30.00	10,000	20.00
6	59,350	2.55	57,864	3.18	57,499	4.25	56,894	8.49	54,540	10.19	53,626	12.74	52,284	16.99	50,121	25.48	46,059	50.96	35,744	71.92	26,740	53.96	18,480	36.96	10,000	20.00	5,000	10.00
7	59,350	2.97	57,620	3.72	57,198	4.95	56,495	9.91	53,778	11.89	52,728	14.86	51,191	19.82	48,728	29.73	44,153	59.45	32,848	65.69	27,740	55.48	18,480	36.96	10,000	20.00	5,000	10.00
8	59,350	3.40	57,377	4.25	56,894	5.66	56,099	11.32	53,025	13.59	51,844	16.99	50,121	22.65	47,375	33.97	42,326	67.95	30,186	60.37	22,740	45.48	15,000	30.00	10,000	20.00	5,000	10.00
9	59,350	3.82	57,135	4.78	56,595	6.37	55,705	12.74	52,284	15.29	50,975	19.11	49,073	25.48	46,059	38.22	40,575	76.44	33,740	67.44	27,740	55.48	18,480	36.96	10,000	20.00	5,000	10.00
10	59,350	4.25	56,894	5.31	56,297	7.08	55,314	14.16	51,553	16.99	50,121	21.23	48,047	28.31	44,780	42.47	38,896	77.92	30,186	60.37	22,740	45.48	15,000	30.00	10,000	20.00	5,000	10.00
11	59,350	4.67	56,655	5.84	56,000	7.79	54,926	15.57	50,832	18.69	49,281	23.36	47,042	31.14	43,536	46.71	37,287	74.57	28,740	57.48	22,740	45.48	15,000	30.00	10,000	20.00	5,000	10.00
12	59,350	5.10	56,416	6.37	55,705	8.49	54,540	18.69	50,121	20.38	48,455	25.48	46,059	33.97	42,326	50.96	35,744	71.92	26,740	53.96	18,480	36.96	10,000	20.00	5,000	10.00	5,000	10.00

Flujo de Costos por Reparación de Agujas y Asientos																	
No veces	Costo de Reparación	# meses al actual	Valor Actual	# meses al actual	Valor Actual	# meses al actual	Valor Actual	# meses al actual	Valor Actual	# meses al actual	Valor Actual	# meses al actual	Valor Actual	# meses al actual	Valor Actual	# meses al actual	Valor Actual
1	1,280	0.09	1,279	0.11	1,279	0.15	1,278	0.29	1,276	0.58	1,273	0.70	1,271	0.87	1,269	1.17	1,265
2	1,280	0.17	1,278	0.22	1,277	0.29	1,276	0.58	1,273	0.70	1,271	0.87	1,269	1.17	1,265	1.55	1,259
3	1,280	0.26	1,277	0.33	1,276	0.44	1,274	0.87	1,269	1.05	1,267	1.31	1,263	1.75	1,258	2.33	1,251
4	1,280	0.35	1,276	0.44	1,274	0.58	1,273	1.17	1,265	1.40	1,262	1.75	1,258	2.33	1,251	3.00	1,243
5	1,280	0.44	1,274	0.55	1,273	0.73	1,271	1.46	1,262	1.75	1,258	2.19	1,252	2.91	1,243	4.37	1,226
6	1,280	0.52	1,273	0.66	1,272	0.87	1,269	1.75	1,258	2.10	1,254	2.62	1,247	3.50	1,236	5.25	1,215
7	1,280	0.61	1,272	0.77	1,270	1.02	1,267	2.04	1,254	2.45	1,249	3.06	1,242	4.08	1,229	6.12	1,204
8	1,280	0.70	1,271	0.87	1,269	1.17	1,265	2.33	1,251	2.80	1,245	3.50	1,236	4.66	1,222	6.99	1,194
9	1,280	0.79	1,270	0.98	1,268	1.31	1,263	2.62	1,247	3.15	1,241	3.93	1,231	5.25	1,215	7.87	1,184
10	1,280	0.87	1,269	1.09	1,266	1.46	1,262	2.91	1,243	3.50	1,236	4.37	1,226	5.83	1,208	8.74	1,173
11	1,280	0.96	1,268	1.20	1,265	1.60	1,260	3.21	1,240	3.85	1,232	4.81	1,220	6.41	1,201	9.62	1,163
12	1,280	1.05	1,267	1.31	1,263	1.75	1,258	3.50	1,236	4.20	1,228	5.25	1,215	6.99	1,194	10.49	1,153
13	1,280	1.14	1,266	1.42	1,262	1.89	1,256	3.79	1,233	4.55	1,223	5.68	1,210	7.58	1,187	11.37	1,143
14	1,280	1.22	1,265	1.53	1,261	2.04	1,254	4.08	1,229	4.90	1,219	6.12	1,204	8.16	1,180	12.24	1,133
15	1,280	1.31	1,263	1.64	1,259	2.19	1,252	4.37	1,226	5.25	1,215	6.56	1,199	8.74	1,173	13.11	1,123
16	1,280	1.40	1,262	1.75	1,258	2.33	1,251	4.66	1,222	5.60	1,211	6.99	1,194	9.33	1,167	13.99	1,114
17	1,280	1.49	1,261	1.86	1,257	2.48	1,249	4.95	1,218	5.95	1,208	7.43	1,189	9.91	1,160	14.86	1,104
18	1,280	1.57	1,260	1.97	1,255	2.62	1,247	5.25	1,215	6.29	1,202	7.87	1,184	10.49	1,153	15.74	1,094
19	1,280	1.66	1,259	2.08	1,254	2.77	1,245	5.54	1,211	6.64	1,198	8.31	1,178	11.07	1,146	16.61	1,085
20	1,280	1.75	1,258	2.19	1,252	2.91	1,243	5.83	1,208	6.99	1,194	8.74	1,173	11.86	1,140	17.49	1,076
21	1,280	1.84	1,257	2.30	1,251	3.06	1,242	6.12	1,204	7.34	1,190	9.18	1,168	12.24	1,133	18.36	1,066
22	1,280	1.92	1,256	2.40	1,250	3.21	1,240	6.41	1,201	7.69	1,186	9.62	1,163	12.82	1,127	19.23	1,057
23	1,280	2.01	1,255	2.51	1,248	3.35	1,238	6.70	1,197	8.04	1,182	10.05	1,158	13.41	1,120	20.11	1,048
24	1,280	2.10	1,254	2.62	1,247	3.50	1,236	6.99	1,194	8.39	1,177	10.49	1,153	13.99	1,114	20.98	1,039
25	1,280	2.19	1,252	2.73	1,246	3.64	1,234	7.29	1,190	8.74	1,173	10.93	1,148	14.57	1,107	21.86	1,030
26	1,280	2.27	1,251	2.84	1,244	3.79	1,233	7.58	1,187	9.09	1,169	11.37	1,143	15.15	1,101	22.73	1,021
27	1,280	2.36	1,250	2.95	1,243	3.93	1,231	7.87	1,184	9.44	1,165	11.80	1,138	15.74	1,094	23.61	1,012
28	1,280	2.45	1,249	3.06	1,242	4.08	1,229	8.16	1,180	9.79	1,161	12.24	1,133	16.32	1,088	24.48	1,003
29	1,280	2.54	1,248	3.17	1,240	4.23	1,227	8.45	1,177	10.14	1,157	12.68	1,128	16.90	1,082	25.35	995
30	1,280	2.62	1,247	3.28	1,239	4.37	1,226	8.74	1,173	10.49	1,153	13.11	1,123	17.49	1,076	26.23	986
31	1,280	2.71	1,246	3.39	1,238	4.52	1,224	9.03	1,170	10.84	1,149	13.55	1,119	18.07	1,069	27.10	977
32	1,280	2.80	1,245	3.50	1,236	4.66	1,222	9.33	1,167	11.19	1,145	13.99	1,114	18.65	1,063	27.98	969
33	1,280	2.89	1,244	3.61	1,235	4.81	1,220	9.62	1,163	11.54	1,141	14.43	1,109	19.23	1,057	28.85	961
34	1,280	2.97	1,243	3.72	1,234	4.95	1,218	9.91	1,160	11.89	1,137	14.86	1,104	19.82	1,051	29.73	952
35	1,280	3.06	1,242	3.83	1,232	5.10	1,217	10.20	1,156	12.24	1,133	15.30	1,099	20.40	1,045	30.60	944
36	1,280	3.15	1,241	3.93	1,231	5.25	1,215	10.49	1,153	12.59	1,129	15.74	1,094	20.98	1,039	31.47	936
37	1,280	3.23	1,239	4.04	1,230	5.39	1,213	10.78	1,150	12.94	1,125	16.17	1,090	21.57	1,033	32.35	928
38	1,280	3.32	1,238	4.15	1,228	5.54	1,211	11.07	1,146	13.29	1,121	16.61	1,085	22.15	1,027	33.22	920
39	1,280	3.41	1,237	4.26	1,227	5.68	1,210	11.37	1,143	13.64	1,118	17.05	1,080	22.73	1,021	34.10	912
40	1,280	3.50	1,236	4.37	1,226	5.83	1,208	11.66	1,140	13.99	1,114	17.49	1,076	23.31	1,015	34.97	904
41	1,280	3.58	1,235	4.48	1,224	5.97	1,206	11.95	1,137	14.34	1,110	17.92	1,071	23.90	1,009	35.85	896
42	1,280	3.67	1,234	4.59	1,223	6.12	1,204	12.24	1,133	14.69	1,106	18.36	1,066	24.48	1,003	36.72	888
43	1,280	3.76	1,233	4.70	1,222	6.27	1,203	12.53	1,130	15.04	1,102	18.80	1,062	25.06	997	37.59	881
44	1,280	3.85	1,232	4.81	1,220	6.41	1,201	12.82	1,127	15.39	1,098	19.23	1,057	25.65	992	38.47	873
45	1,280	3.93	1,231	4.92	1,219	6.56	1,199	13.11	1,123	15.74	1,094	19.67	1,052	26.23	986	39.34	865
46	1,280	4.02	1,230	5.03	1,218	6.70	1,197	13.41	1,120	16.09	1,091	20.11	1,048	26.81	980		

Apéndice D
Costo Variable
Óptimo

Comparacion de Costos Variables C.H. Cañon del Pato



Costos Variables Central Hidroeléctrica Cañon del Pato

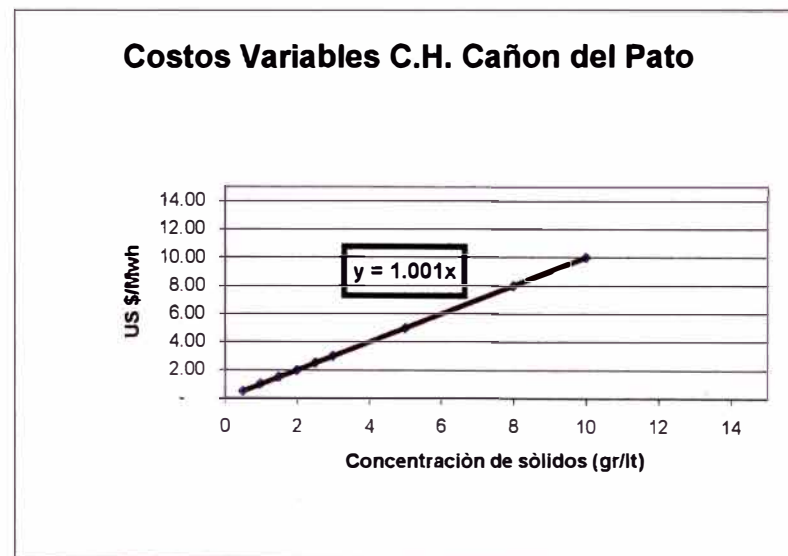
cambio rodete a : 58,500 Ton

Concentración de sólidos	gr/litro	10	8	5	3	2.5	2	1.5	1	0.5
Periodo cambio de agujas asientos	meses	0.09	0.11	0.17	0.29	0.35	0.44	0.58	0.87	1.75
Periodo cambio de rodetes	meses	0.37	0.48	0.74	1.24	1.49	1.88	2.48	3.72	7.43
Costo Cambio de agujas	US\$	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280
Costo cambio rodetes	US\$	51,870	51,870	51,870	51,870	51,870	51,870	51,870	51,870	51,870
Tasa de descuento anual		12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
Costo Nominal	US\$	892,840	692,840	692,840	892,840	892,840	892,840	892,840	892,840	892,840
Costo Actualizado	US\$	878,421	872,395	860,501	640,021	830,089	815,565	592,318	549,174	442,467
Mensualidad	US\$	144,139	115,310	72,084	43,233	38,024	28,815	21,804	14,391	7,185
Energía Mensual	MWh	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
Costo Variable	US\$/MWh	10.01	8.01	5.00	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00	0.50

Parámetros considerados en el cálculo

Cantidad de Toneladas cambio rodetes	Ton	59,500
Costo reparacion rodetes	US \$	51,870
Cantidad de Ton cambio agujas	Ton	7,000
Costo reparacion agujas y asientos	US\$	1,280

Se ha considerado una unidad de 20 MW a quien le corresponde 1 rodete y 2 juegos de agujas y asientos



Flujo de Costos por Reparación de Rodetes																	cambio de rodete a: 50,500 Ton			
Conc. s. saldos (gr/fitr)		10 gr/fitr		8 gr/fitr		5 gr/fitr		3 gr/fitr		2.5 gr/fitr		2 gr/fitr		1.5 gr/fitr		1 gr/fitr		0.5 gr/fitr		
No veces	Costo de Reparación	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	
1	51,870	0.37	51,679	0.46	51,631	0.74	51,488	1.24	51,235	1.49	51,109	1.86	50,920	2.48	50,607	3.72	49,987	7.43	48,173	
2	51,870	0.74	51,488	0.93	51,393	1.49	51,109	2.48	50,607	2.97	50,358	3.72	49,987	4.95	49,375	7.43	48,173	14.86	44,739	
3	51,870	1.11	51,298	1.39	51,156	2.23	50,732	3.72	49,987	4.46	49,619	5.57	49,072	7.43	48,173	11.15	46,424	22.29	41,550	
4	51,870	1.49	51,109	1.86	50,920	2.97	50,358	4.95	49,375	5.95	48,891	7.43	48,173	9.91	47,000	14.86	44,739	29.73	38,589	
5	51,870	1.86	50,920	2.32	50,685	3.72	49,987	6.19	48,770	7.43	48,173	9.29	47,290	12.39	45,856	18.58	43,115	37.16	35,838	
6	51,870	2.23	50,732	2.79	50,451	4.46	49,619	7.43	48,173	8.92	47,466	11.15	46,424	14.86	44,739	22.29	41,550	44.59	33,284	
7	51,870	2.60	50,545	3.25	50,219	5.20	49,253	8.67	47,583	10.40	46,769	13.01	45,574	17.34	43,650	26.01	40,042	52.02	30,911	
8	51,670	2.97	50,358	3.72	49,987	5.95	48,691	9.91	47,000	11.89	46,082	14.86	44,739	19.82	42,587	29.73	38,589	59.45	28,708	
9	51,870	3.34	50,172	4.18	49,757	6.69	48,530	11.15	46,424	13.38	45,406	16.72	43,920	22.29	41,550	33.44	37,188	66.88	26,662	
10	51,870	3.72	49,987	4.64	49,527	7.43	48,173	12.39	45,656	14.86	44,739	18.58	43,115	24.77	40,539	37.16	35,838	74.32	24,761	
11	51,870	4.09	49,803	5.11	49,299	8.17	47,818	13.62	45,294	16.35	44,082	20.44	42,325	27.25	39,552	40.87	34,537	81.75	22,996	
12	51,870	4.46	49,619	5.57	49,072	8.92	47,466	14.86	44,739	17.84	43,435	22.29	41,550	29.73	38,589	44.59	33,284			

Flujo de Costos por Reparación de Agujas y Asientos																			
No veces	Costo de Reparación	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac	# meses al actual	Valor Actual Costo Reparac
1	1,280	0.09	1,279	0.11	1,279	0.17	1,278	0.29	1,276	0.35	1,276	0.44	1,274	0.58	1,273	0.87	1,269	1.75	1,258
2	1,280	0.17	1,278	0.22	1,277	0.35	1,276	0.58	1,273	0.70	1,271	0.87	1,269	1.17	1,265	1.75	1,258	3.50	1,236
3	1,280	0.26	1,277	0.33	1,276	0.52	1,273	0.87	1,269	1.05	1,267	1.31	1,263	1.75	1,258	2.62	1,247	5.25	1,215
4	1,280	0.35	1,276	0.44	1,274	0.70	1,271	1.17	1,265	1.40	1,262	1.75	1,258	2.33	1,251	3.50	1,236	6.99	1,194
5	1,280	0.44	1,274	0.55	1,273	0.87	1,269	1.46	1,262	1.75	1,258	2.19	1,252	2.91	1,243	4.37	1,226	8.74	1,173
6	1,280	0.52	1,273	0.66	1,272	1.05	1,267	1.75	1,258	2.10	1,254	2.62	1,247	3.50	1,236	5.25	1,215	10.49	1,153
7	1,280	0.61	1,272	0.77	1,270	1.22	1,265	2.04	1,254	2.45	1,249	3.06	1,242	4.08	1,229	6.12	1,204	12.24	1,133
8	1,280	0.70	1,271	0.87	1,269	1.40	1,262	2.33	1,251	2.80	1,245	3.50	1,236	4.66	1,222	6.99	1,194	13.99	1,114
9	1,280	0.79	1,270	0.98	1,268	1.57	1,260	2.62	1,247	3.15	1,241	3.93	1,231	5.25	1,215	7.87	1,184	15.74	1,094
10	1,280	0.87	1,269	1.09	1,266	1.75	1,258	2.91	1,243	3.50	1,238	4.37	1,228	5.83	1,208	8.74	1,173	17.49	1,076
11	1,280	0.96	1,268	1.20	1,265	1.92	1,256	3.21	1,240	3.85	1,232	4.81	1,220	6.41	1,201	9.62	1,163	19.23	1,057
12	1,280	1.05	1,267	1.31	1,263	2.10	1,254	3.50	1,236	4.20	1,228	5.25	1,215	6.99	1,194	10.49	1,153	20.98	1,039
13	1,280	1.14	1,266	1.42	1,262	2.27	1,251	3.79	1,233	4.55	1,223	5.68	1,210	7.58	1,187	11.37	1,143	22.73	1,021
14	1,280	1.22	1,265	1.53	1,261	2.45	1,249	4.08	1,229	4.90	1,219	6.12	1,204	8.16	1,180	12.24	1,133	24.48	1,003
15	1,280	1.31	1,263	1.64	1,259	2.62	1,247	4.37	1,226	5.25	1,215	6.56	1,199	8.74	1,173	13.11	1,123	26.23	966
16	1,280	1.40	1,262	1.75	1,258	2.80	1,245	4.66	1,222	5.60	1,211	6.99	1,194	9.33	1,167	13.99	1,114	27.98	969
17	1,280	1.49	1,261	1.86	1,257	2.97	1,243	4.95	1,218	5.95	1,206	7.43	1,189	9.91	1,160	14.86	1,104	29.73	952
18	1,280	1.57	1,260	1.97	1,255	3.15	1,241	5.25	1,215	6.29	1,202	7.87	1,184	10.49	1,153	15.74	1,094	31.47	936
19	1,280	1.66	1,259	2.08	1,254	3.32	1,238	5.54	1,211	6.64	1,198	8.31	1,178	11.07	1,146	16.61	1,085	33.22	920
20	1,280	1.75	1,258	2.19	1,252	3.50	1,236	5.83	1,208	6.99	1,194	8.74	1,173	11.66	1,140	17.49	1,076	34.97	904
21	1,280	1.84	1,257	2.30	1,251	3.67	1,234	6.12	1,204	7.34	1,190	9.18	1,168	12.24	1,133	18.36	1,066	36.72	888
22	1,280	1.92	1,256	2.40	1,250	3.85	1,232	6.41	1,201	7.69	1,186	9.62	1,163	12.82	1,127	19.23	1,057	38.47	873
23	1,280	2.01	1,255	2.51	1,248	4.02	1,230	6.70	1,197	8.04	1,182	10.05	1,158	13.41	1,120	20.11	1,048	40.22	858
24	1,280	2.10	1,254	2.62	1,247	4.20	1,228	6.99	1,194	8.39	1,177	10.49	1,153	13.99	1,114	20.98	1,039	41.97	843
25	1,280	2.19	1,252	2.73	1,246	4.37	1,226	7.29	1,190	8.74	1,173	10.93	1,148	14.57	1,107	21.66	1,030	43.72	829
26	1,280	2.27	1,251	2.84	1,244	4.55	1,223	7.58	1,187	9.09	1,169	11.37	1,143	15.15	1,101	22.73	1,021	45.46	814
27	1,280	2.36	1,250	2.95	1,243	4.72	1,221	7.87	1,184	9.44	1,165	11.80	1,138	15.74	1,094	23.61	1,012	47.21	800
28	1,280	2.45	1,249	3.06	1,242	4.90	1,219	8.16	1,180	9.79	1,161	12.24	1,133	16.32	1,088	24.48	1,003	48.96	786
29	1,280	2.54	1,248	3.17	1,240	5.07	1,217	8.45	1,177	10.14	1,157	12.68	1,128	16.90	1,062	25.35	995	50.71	773
30	1,280	2.62	1,247	3.28	1,239	5.25	1,215	8.74	1,173	10.49	1,153	13.11	1,123	17.49	1,076	26.23	986	52.46	759
31	1,280	2.71	1,246	3.39	1,238	5.42	1,213	9.03	1,170	10.84	1,149	13.55	1,119	18.07	1,069	27.10	977	54.21	746
32	1,280	2.80	1,245	3.50	1,236	5.60	1,211	9.33	1,167	11.19	1,145	13.99	1,114	18.65	1,063	27.98	969	55.96	734
33	1,280	2.89	1,244	3.61	1,235	5.77	1,209	9.62	1,163	11.54	1,141	14.43	1,109	19.23	1,057	28.85	961	57.70	721
34	1,280	2.97	1,243	3.72	1,234	5.95	1,206	9.91	1,160	11.89	1,137	14.86	1,104	19.82	1,051	29.73	952	59.45	708
35	1,280	3.06	1,242	3.83	1,232	6.12	1,204	10.20	1,156	12.24	1,133	15.30	1,099	20.40	1,045	30.60	944	61.20	696
36	1,280	3.15	1,241	3.93	1,231	6.29	1,202	10.49	1,153	12.59	1,129	15.74	1,094	20.98	1,039	31.47	936	62.95	684
37	1,280	3.23	1,239	4.04	1,230	6.47	1,200	10.78	1,150	12.94	1,125	16.17	1,090	21.57	1,033	32.35	928	64.70	672
38	1,280	3.32	1,238	4.15	1,228	6.64	1,198	11.07	1,146	13.29	1,121	16.61	1,085	22.15	1,027	33.22	920	66.45	661
39	1,280	3.41	1,237	4.26	1,227	6.82	1,196	11.37	1,143	13.64	1,118	17.05	1,080	22.73	1,021	34.10	912	68.20	649
40	1,280	3.50	1,236	4.37	1,226	6.99	1,194	11.66	1,140	13.99	1,114	17.49	1,076	23.31	1,015	34.97	904	69.94	638
41	1,280	3.58	1,235	4.48	1,224	7.17	1,192	11.95	1,137	14.34	1,110	17.92	1,071	23.90	1,009	35.85	896	71.69	627
42	1,280	3.67	1,234	4.59	1,223	7.34	1,190	12.24	1,133	14.69	1,106	18.36	1,066	24.48	1,003	36.72	888	73.44	616
43	1,280	3.76	1,233	4.70	1,222	7.52	1,188	12.53	1,130	15.04	1,102	18.80	1,062	25.06	997	37.59	881	75.19	606
44	1,280	3.85	1,232	4.81	1,220	7.69	1,186	12.82	1,127	15.39	1,098	19.23	1,057	25.65	992	38.47	873	76.94	595
45	1,280	3.93	1,231	4.92	1,219	7.87	1,184	13.11	1,123	15.74	1,094	19.67	1,052	26.23	986	39.34	865	78.69	585
46	1,280	4.02	1,230	5.03	1,218	8.04	1,182	13.41	1,120	16.09	1,091	20.11	1,048	26.81	980	40.22	858	80.44	575
47	1,280	4.11	1,229	5.14	1,216	8.22	1,179	13.70	1,117	16.44	1,087	20.55	1,043	27.39	975				

Apéndice E

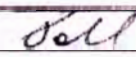

Procedimiento de reparación de rodetes de Cañón del Pato

General Manufacturing Procedure

Mantenimiento hidráulico de Turbinas Pelton Planta de Cañón del Pato – Duke Egenor S/A

Voith Siemens Hydro Power Generation Ltda.

Índice		Página
1	Introducción	2
2	Documentos de Referencia	2
3	Equipos para Controle Dimensional	2
4	Mediciones principales para mantenimiento de eficiencia	4
5	Directrices para soldaduras y inspecciones	11

Rev.	Date	REVISION	Autor	Aprobado		Name	Date
0	25.02.03		Hans Poll	Hélio Moino	Preparado	Hans Poll	28.01.03
					Firma		
					Verificado	G.Pollaco/A.Turba	25.02.03
					Firma		
					Aprobado	Hélio Moino	26.02.03
					Firma		

Copy Right by Voith Siemens Hydro

VOITH SIEMENS
HYDRO POWER GENERATION

GS
4990-27404s

**Mantenimiento Hidráulico das
Turbinas de Cañón del Pato**

1. Introducción

Este documento define el proceso de controle dimensional a ser aplicado durante las fases de mantenimiento de rodets en la central hidroeléctrica . El objetivo es de garantizarse el mantenimiento de rendimiento original de los rodets Pelton a través de un controle dimensional adecuado y dirigido. Este procedimiento solamente se aplica a los rodets de diseño y fabricación de responsabilidad de Voith Siemens Hydro Power Generation

Este procedimiento está basado en las técnicas de construcción y desarrollo de las superficies hidráulicas de Voith Siemens Hydro Power Generation. El uso de este manual con ayuda de una sistemática de registros de los desvíos dimensionales irán garantizar que el rendimiento original sea mantenido mismo en rodets que sufran mucha erosión.

Es importante que el mantenedor registre los desvíos dimensionales a cada verificación y que mantenga una tabla de comparación con los valores originales.

2. Documentos de referencia

Descripción	Documento N.
IEC Code - International standard for model acceptance tests	60193
Standard quality document for finishing and testing of cast components	CCH-70-3

3. Equipos para controle dimensional

El controle dimensional debe ser hecho usando básicamente plantillas y una regla especial de 10 mm x 10 mm de sección.

Con el uso de las plantillas deben ser garantizados tres elementos dimensionales:

- Los ángulos de entrada y de salida de flujo dentro de la cuchara.
- Los desvíos dimensionales máximos de luz entre el perfil interno existente de la cuchara y de la sección teórica de la superficie original definida por la plantilla.
- La profundidad y la largura máxima que la cuchara puede tener para operar sin problemas.

La figura abajo muestra el uso de la plantilla con una superficie original salida directamente de la mecanización. Con el uso de la mecanización de perfiles es posible se garantizar directamente todos los ángulos y perfiles internos. En la Planta es suficiente se controlar todas las secciones con las plantillas suministradas por Voith Siemens Hydro.

VOITH SIEMENS HYDRO POWER GENERATION	GS 4990-27404s	Mantenimiento Hidráulico das Turbinas de Cañón del Pato
------------------------------------------------	-------------------	------------------------------------------------------------



Figura 1 – Verificación del desvío dimensional con el uso de plantillas

La regla es un elemento simples de controle pero muy útil para verificar las distancias entre dos cucharas que garantizan un chorro libre y con esto un mantenimiento de las características originales de rendimiento. En la figura 2 se presenta la regla de 10x10mm.



Figura 2 – Regla para verificación de la abertura del chorro entre dos cucharas

Adicionalmente, puede contarse con una máquina de digitalización con que es posible adquirirse de tres a cinco puntos para cada sección de controle de la cuchara. Se puede comparar los puntos directamente con la superficie hidráulica original o si generar una curva para comparación con la superficie y con esto se verificar los ángulos . Esta es una técnica mas trabajosa pero es utilizada con mucha eficiencia.

La figura 3 muestra el equipo destinado a las inspecciones digitales.

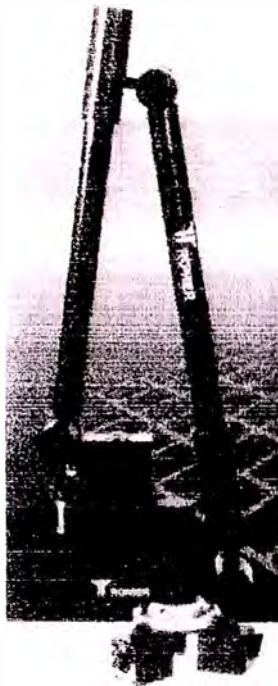


Figura 3 – Utilización de los equipos de verificación de desvíos en la cuchara

4. Mediciones principales para Mantenimiento de Eficiencia

Las medidas que más influyen el rendimiento del rodete Pelton son las que precisan ser mejor controladas durante las paradas de la máquina. Estas medidas son fáciles de controlarse si fueren seguidos los principios de esta directriz.

La figura 4 muestra la vista de topo de la cuchara y las principales secciones de control. Existen secciones de tres tipos en la cuchara. Los tipos son secciones, normales, habladas de tipo C, secciones radiales, denominadas de tipo Lx y secciones axiales de tipo A. Existen también secciones que son normales a la superficie de la cuchara pero que cortan el splitter. Estas secciones también son denominadas de tipo C. La figura 4 también muestra algunas dimensiones de interese como las plantillas de la parte externa de la cuchara **L** (L1 – L3) y las aberturas **Bc** e **B**, los diámetros **DI** e **Da** y los espesores **S1** y **S2**

Figure 1 Definition of dimensions
Top View

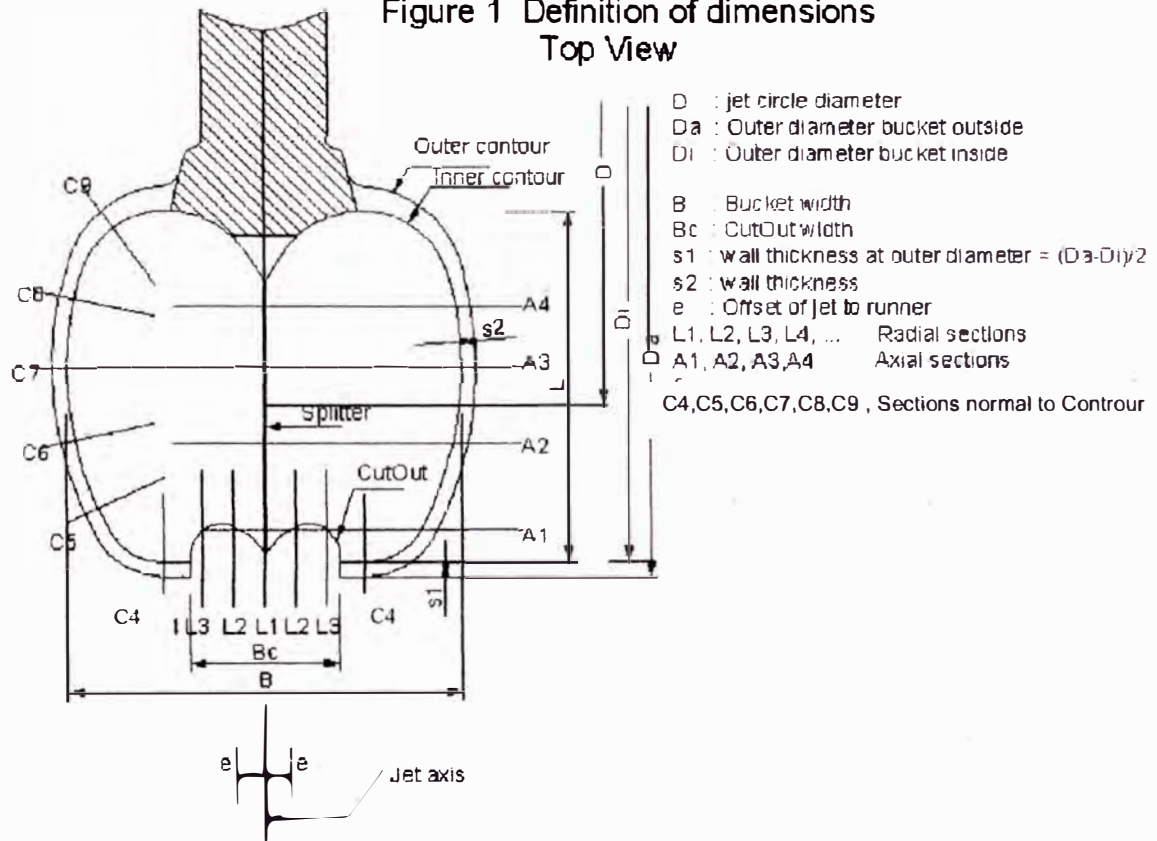


Figura 4 – Localización de las medidas importantes para controle de la cuchara

Las medidas más importantes para garantizar el rendimiento son:

- El ángulo de descarga de chorro posterior de la cuchara - secciones C7 a C9 - Angulo β_2 y la abertura a_2 para garantizar la descarga del chorro.
- Los ángulos del divisor central en las secciones c12, c11, c10 – Angulo β_1

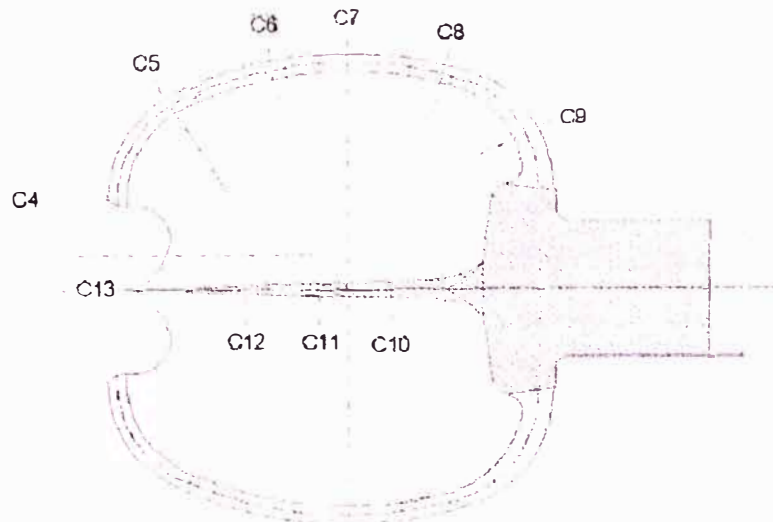


Figura 4a – Localización de las medidas C10,C11 y C12 para lo angulo β_1

- La ondulación y rugosidad en lo interno de la cuchara
- La medida de profundidad de la cuchara - **T** y la altura del divisor
- La medida de largo **L**
- La medida de ancho **B**
- La medida de ancho de la boca **Bc**
- La medida de la altura de la boca **Tc**
- Radio del divisor y radio de la boca de entrada.

Todas estas medidas deben ser controladas a cada parada de la máquina. Debe ser registrado un protocolo como ejemplo anexo para las medidas.

4.1 Ángulos de descarga de chorro posterior de la cuchara:

Los ángulos de salida son las medidas que más influyen el rendimiento del rodete Pelton. Las medidas precisan ser controladas de dos modos distintos para garantizar el rendimiento del rodete.

La figura 5 muestra una sección transversal pela cuchara. En la sección de la cuchara existen tres importantes medidas que son β_1 , β_2 y la abertura a_2 .

El ángulo β_2 es el ángulo de descarga del flujo y es preciso controlar este ángulo a través de la abertura entre lelo perfil teórico de la plantilla y el perfil existente en las cucharas. El ángulo teórico es de 10 grados para los rodetes de Cañón del Pato. A este ángulo se aplica una tolerancia de 1 grado para más y para menos. E ángulo de 10 grados es el ángulo mínimo que es necesario garantizarse aplicando a las secciones C7, C8 y C9.

Pero es necesario ejecutar también una medición de abertura a_2 para garantizarse la descarga correcta del chorro. Esta medición debe ser ejecutada con una regla. La medida entre cuchara superior y la regla debe ser protocolada. Para ejecutarse esta medición la regla debe ser insertada en la cuchara inferior a una medida que varia de acuerdo con la sección. En la figura 6 se muestran los valores mínimos a garantizarse en cada una das secciones de controle.

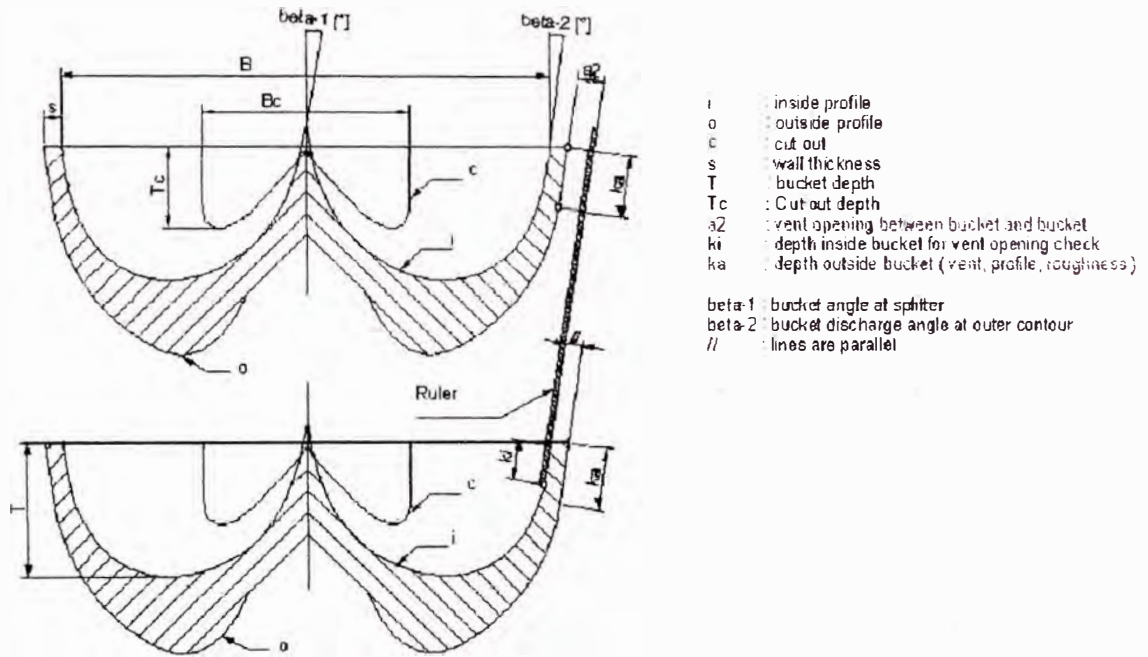


Figura 5 – Sección transversal de la cuchara con las medidas principales para controle

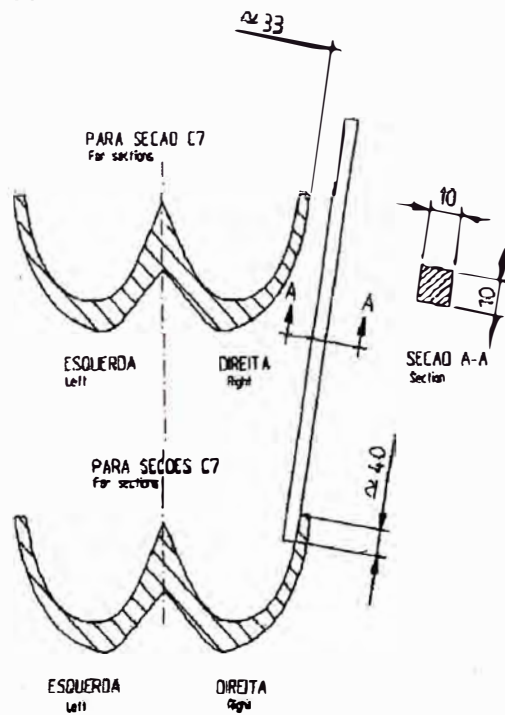


Figura 6 – Secciones C7, C8 y C9

Figure 5 Felton bucket backside
Areas for profile and roughness check
method for vent check

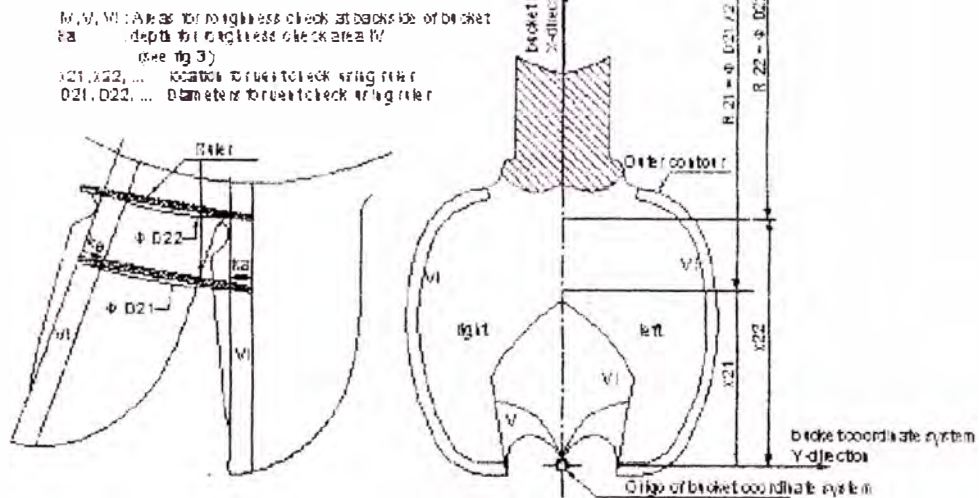


Figura 7 – En la área VI debe ser verificado también la rugosidad y ondulación

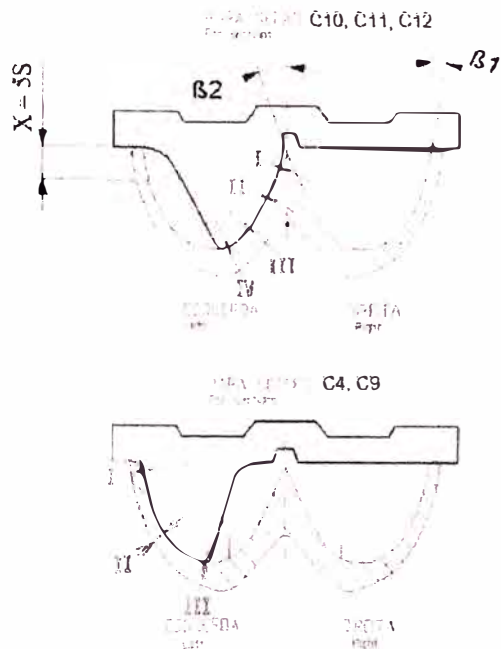
Para sección C7 la medida mínima es 33 mm . Para sección C8 y C9 la abertura mínima es 27 mm. Para controle en todas la secciones la regla debe ser inserida a 40 mm en el interior de la cuchara como se percebe en figura 6. La medida és considerada en lo externo de la legua.

Para garantizarse el cumplimiento desta exigencia puede se esmerilar en el interior de la superficie de la cuchara mismo si infringido el ángulo de descarga de la plantilla. Se puede esmerilar el externo de la cuchara . Un pequeño esmerilo en el interior de la cuchara es suficiente para garantizar la abertura a2 conforme pedida. La experiencia de Voith Siemens muestra que basta lo esmerilo de algunos décimos de mm para ayustar el ángulo.

Todos los ángulos, bien como todos las aberturas a2 deben ser protocoladas en cada cuchara antes del rodete retornar a la operación comercial.

4.2 Ángulos del divisor central β_1 , la medida de profundidad y la largura de la cuchara

Los ángulos del divisor central deben ser inspeccionados en las secciones de tipo A . En las secciones, A2, A3 y A4 el ángulo del bordo de ataque debe ser mantenido en 10 grados con una tolerancia de +1;-1 grado. El controle del divisor central debe ser efectuado con una plantilla adecuada. Es posible se ejecutar el controle también a través de mediciones digitales. Mas para tanto es necesario un cuidado muy grande en generar la curva de la sección.



El procedimiento para la obtención de la curva a través de inspecciones digitales es:

- Adquirir puntos coplanares en cima de la sección A2,A3 o A4. Todos los puntos deben pertenecer a un plano que esta a una distancia constante del centro del rodete.
- Es necesario adquirirse puntos suficientes . Es recomendado más de 20 puntos concentrados en la región de la mayor curvatura.
- La curva diseñada debe ser una B-spline de orden 4.

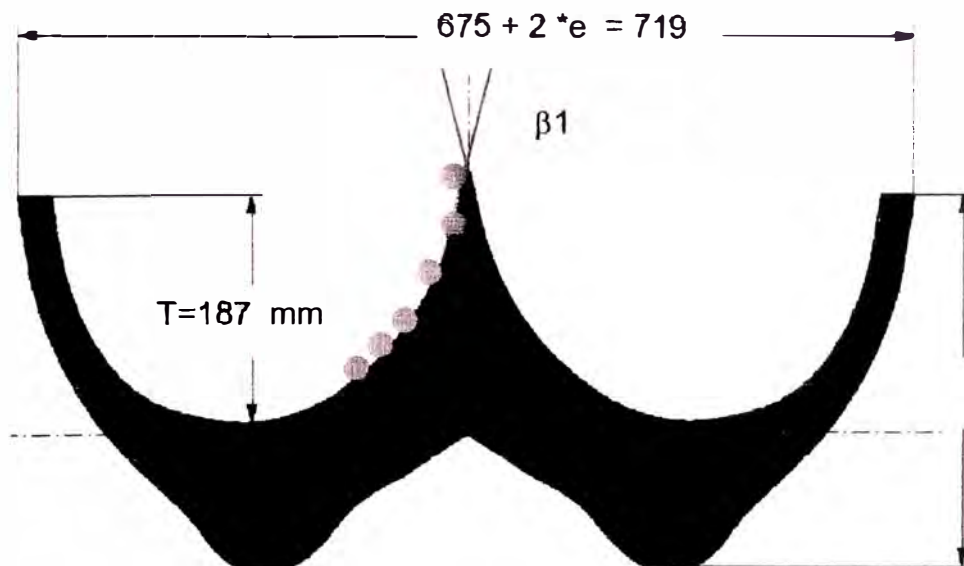


Fig. 8 – Verificación de los ángulos de lo divisor central.

La medida citadas son las medidas que mas influyen el rendimiento del rodete Pelton.

4.3 La ondulación y rugosidad de lo interno de la cuchara:

Es necesario se mantener a cada parada la rugosidad e la ondulación interna de la superficie de la cuchara conforme indicado en la figura 9 y tabla abajo.

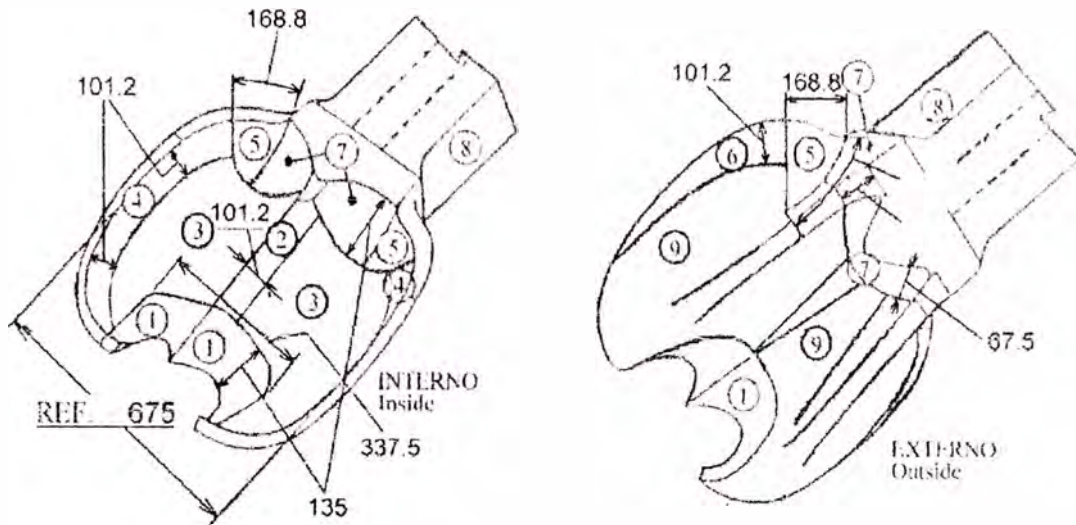


Fig. 9 – Ondulación e Rugosidad de las superficies de la cuchara.

Región	Rugosidad	Ondulación
1	0.8 Ra	1/400
2	0.8 Ra	1/400
3	1.6 Ra	1/400
4	3.2 Ra	1/400
5	3.2 Ra	1/400
6	3.2 Ra	1/400
7	3.2 Ra	1/400
8	6.3 Ra	1/400
9	6.3 Ra	1/400

Las regiones están indicadas en la figura 9. Es también necesario atención para la región 6 que es definida por una banda de 101.2 mm . La figura 10 muestra el aspecto visual de la regiones esmeriladas cuando la rugosidad conforme la tabla es mantenida.

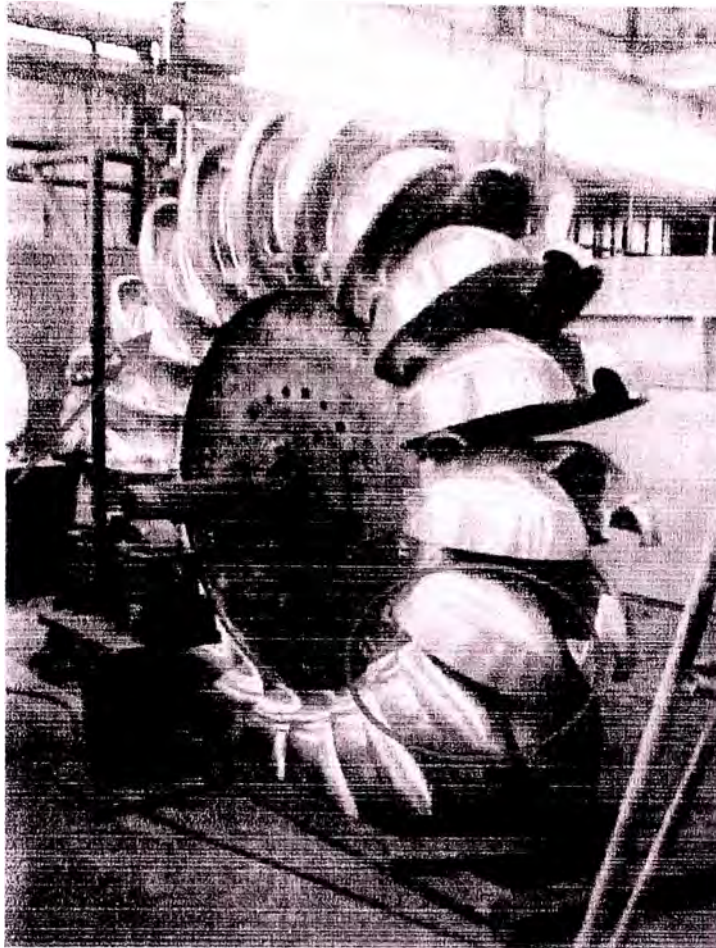


Fig. 10 – Mantenimiento de la Rugosidad.

4.8 La medida de ancho de la boca Bc:

La medida Bc es garantizada de fabricación por medio de la mecanización en conjunto del rodete Pelton. Durante las inspecciones es necesario garantizarse la medida Bc de 256.5 en una tolerancia de ± 0.5 mm. Con equipo de inspecciones digitales es posible se garantizar las medidas Bc de todo el rodete con base en una referencia central. Este es el método más indicado para verificación de la medida Bc que tiene que ser centralizada en relación a la cuchara.

4.9 La medida de la profundidad de la boca Tc :

La medida de profundidad también es muy importante para garantizar mantenimiento de lo rendimiento e la ausencia de cavitación. La medida para los rodetes de Canon del Pato es 115.5 mm con una tolerancia de ± 1 mm. La mecanización de fabricación garantiza la medida más es necesario la verificación periódica de la medida.

4.10 Radios de lo divisor y de la boca de entrada:

Todos los radios de la boca y de lo divisor deben ser mantenidos conforme diseño de fabricación. El rodete no puede entrar en operación sin la verificación de los radios del divisor. Cantos rectos o muy espesos tienen que ser esmerilados para el mantenimiento del rendimiento hidráulico. El radio de 2.7 mm tiene que ser garantizado.

5. Directrices para soldaduras y inspecciones

VOITH SIEMENS HYDRO POWER GENERATION	GS 4990-27404s	Mantenimiento Hidráulico das Turbinas de Cañón del Pato
------------------------------------------------	--------------------------	--------------------------------------------------------------------------

5.1 Características de Ensayo de partícula magnéticas:

Los ensayos de partícula magnética debe ser efectuados con una máquina portátil que produzca campos magnéticos localizados y en diversas direcciones en la cuchara individual. Los métodos seco o con flujos pueden ser usados, pero es necesario que se produzca campos magnéticos en diversas posiciones para testar la condición superficial de la cuchara. En la figura 11 se muestra la máquina portátil recomendada.

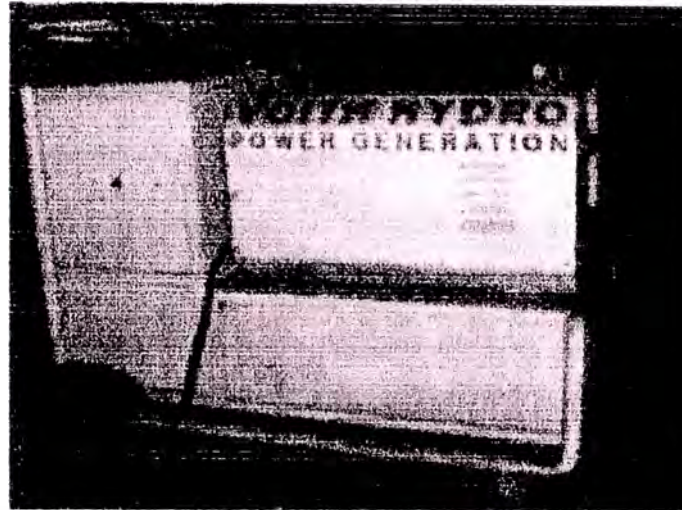


Fig 11 – Portable MT Machine.

5.2 Características de Ensayo de liquido penetrante:

De acuerdo con las directrices de Voith Siemens Hydro no son admitidos poros en la raíz de la cuchara. Las indicaciones lineares deben también ser confirmadas con el teste de partículas magnéticas. Las demás áreas deben ser inspeccionadas de acuerdo con la ficha técnica de la norma CCH-70-3.

5.3 Reparación de indicaciones :

Poros o indicaciones lineares superficiales deben ser primeramente eliminadas por medio de esmerilo local. Preferentemente no se debe soldar la raíz de la cuchara. La indicación o porosidad puede ser eliminada con esmerilo mismo que se tenga que modificar localmente el perfil de la raíz de la cuchara. Se la modificación por esmerilo no exceder 10 mm debe se evitar la soldadura. Indicaciones verificadas por lo teste de ultrasonido deben ser esmeriladas e soldadas. El rodete debe también sufrir, en este caso, un proceso de tratamiento térmico. La rugosidad después de la reparación debe ser mantenida conforme protocolos originales.

5.4 Tratamiento Térmico :

Cuando fueren ejecutadas soldaduras en lo rodete es necesario lo proceso de tratamiento térmico total. El tratamiento térmico local o parcial no es indicado. El ciclo básico de tratamiento térmico es definido en la figura 12. La temperatura entre 570°C y 590°C en un nivel de 8 horas debe ser observada.

VOITH SIEMENS HYDRO POWER GENERATION	GS 4990-27404s	Mantenimiento Hidráulico das Turbinas de Cañón del Pato
------------------------------------------------	-------------------	------------------------------------------------------------

Stress Relief Cycle

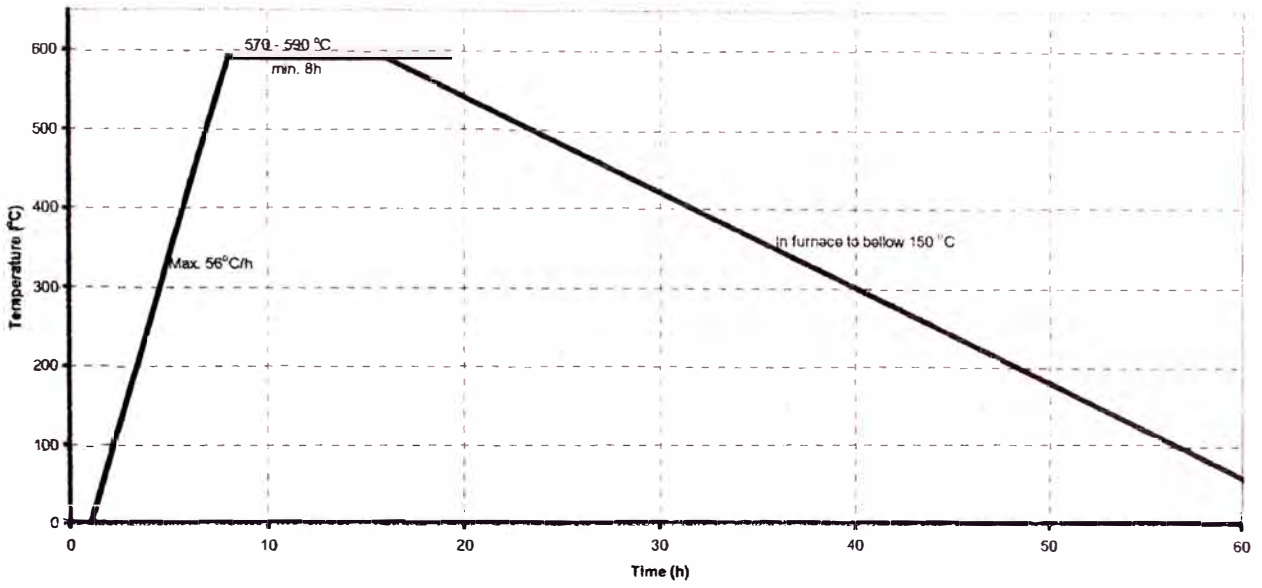


Fig 12 – Ciclo de tratamiento Térmico.

1. OBJETIVO

- 1.1 Establecer un procedimiento documentado para identificar, programar y ejecutar las actividades de mantenimiento de los Rodetes Pelton, con la finalidad de mantener el rendimiento de las unidades de generación dentro de los rangos técnicos establecidos.

2. ALCANCE

- 2.1 Aplica al Jefe de Unidad, Jefe Departamento de Mantenimiento, Planificador, Supervisor de Mantenimiento Mecánico, Supervisor de Mantenimiento de Rodetes, Soldador, Esmerilador y Técnico Mecánico de la Central Hidroeléctrica Cañón del Pato.

3. DEFINICIONES Y TERMINOLOGIA

- 3.1 **Reparación de Rodetes:** Actividad que consiste en la recuperación del perfil hidráulico original de todos los alabes (cucharas) de los rodetes Pelton, desgastados por la acción erosiva del agua turbinada.
- 3.2 **Sistema Máximo:** Es un software de Administración de Mantenimiento que permite un control más efectivo, conveniente y automatizado de las actividades de mantenimiento.
- 3.3 **Orden de Trabajo:** Es un registro generado por el Sistema Máximo que se emite para poder realizar todo trabajo de mantenimiento, en el cual se describe todas las características de la actividad a realizar, plan de trabajo, plan de seguridad, asignación de recursos y permisos requeridos.
- 3.4 **Abreviaturas:**

JU: Jefe de Unidad

JM: Jefe Departamento de Mantenimiento

JO: Jefe Departamento de Operaciones

PL: Planificador

SMM: Supervisor de Mantenimiento Mecánico

SMR: Supervisor Mantenimiento de Rodete

SM: Supervisor de Mantenimiento

TM: Técnico Mecánico

OT: Orden de Trabajo

4. REFERENCIAS

- 4.1 P/M/GN-01 Mantenimiento
- 4.2 P/S/GN-03 Acciones Correctivas
- 4.3 P/EHS/GN-07 Equipos de protección
- 4.4 P/EHS/CP-01 Plan de Manejo de Residuos
- 4.5 I/M/GN-01 Orden de Trabajo (OT)

5. RESPONSABILIDADES

5.1 Jefe de Unidad:

- Aprobar el Programa Anual de Reparación de Rodetes

5.2 Jefe Departamento de Mantenimiento:

- Elaborar en coordinación con el JO el Programa Anual de Reparación de Rodetes
- Elaborar el presupuesto Anual del Área de Mantenimiento
- Designar al responsable de la OT en base al Programa de Mantenimiento Anual y Programa Anual de Reparación de Rodetes

5.4 Planificador:

- Crear la OT en coordinación con el Jefe Departamento de Mantenimiento para cada etapa de la reparación del rodete, la asignación de recursos (Mano de obra, materiales, herramientas y servicios de terceros), plan de trabajo, plan de seguridad, permisos, seguimiento de la OT y otras actividades según lo defina su perfil PL en Máximo.

5.5 Supervisor de Mantenimiento de Rodetes

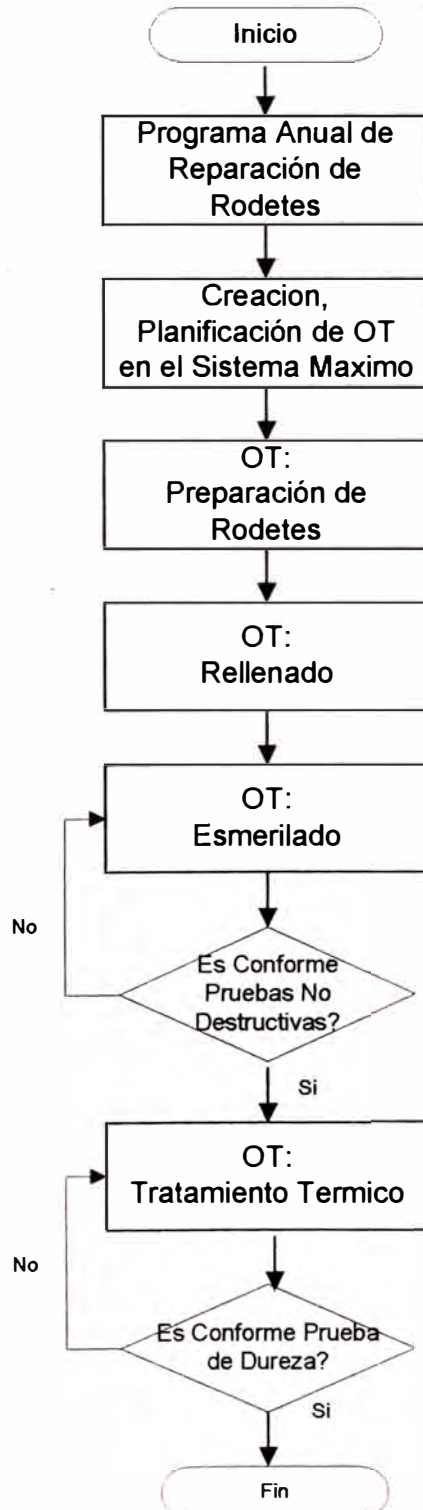
- Realizar los controles técnicos en cada etapa de la reparación de rodetes Pelton
- Responsable de cumplir con lo definido en la OT correspondiente para actividad de reparación de Rodetes Pelton.

5.6 Supervisor de Mantenimiento Mecánico, Soldador, Esmerilador y Técnico Mecánico

- Cumplir con lo establecido en el presente procedimiento

6 DESARROLLO

6.1 MANTENIMIENTO DE RODETES PELTON



6.2 PLANIFICACION DE LA REPARACION DE RODETES:

6.1.1 Elaboración del Programa Anual de Reparación de Rodetes

N	RESP	ACTIVIDAD
01	JM	<p>Elaboración del Programa Anual de Reparación de Rodetes: En el mes de Julio de cada año se elabora el "Programa Anual de Reparación de Rodetes" con una ventana de 7 años, tomando en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Generación Proyectada por el Área Comercial, ▪ Concentración promedio histórica mensual de sólidos ▪ Curvas de correlación Tons. de sólidos turbinados vs desgaste en mm
02	JU	<p>Revisión y Aprobación del Programa Anual de Reparación de Rodetes: En reunión con Jefe de Departamento de Mantenimiento evalúa y aprueba el "Programa Anual de Reparación de Rodetes"</p>
03	JM	<p>Publica el Programa Anual de Reparación de Rodetes en Intranet: Publica la Última semana de Julio en Intranet el "Programa Anual de Reparación de Rodetes", aprobado por el JU e informa por e-mail su publicación en Intranet al JU con copia PL, JO, SM, GP, RED y RED Operativo. Dicho programa se actualiza Semestralmente (Julio y Diciembre) en función a la concentración real de los sólidos turbinados.</p>
04	PL	<p>Planificación de OT correspondiente a Reparación de Rodetes Ingresar y planificar las OT's en el sistema Máximo correspondiente a reparación de Rodetes (Ver ítem 6.2 del P/M/GN-01) en el cual define los recursos, plan de trabajo, plan de seguridad, permisos, etc.</p>

6.1.2 Etapas de Reparación de Rodetes Pelton:

N	RESP	ACTIVIDAD
01	Esmerilador y SMR	<p>Etapas de Reparación de Rodetes Etapas de Reparación de Rodetes Consiste en eliminar las ondulaciones de la superficie del alabe (cuchara), en esta etapa el SMR realiza los siguientes controles dimensionales para evaluar la magnitud de desgaste:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Peso del Rodete: Se registra en la Orden de Trabajo Peso al inicio de la Preparación Peso al término de la Preparación

		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Medición del espesor de los alabes (cucharas) Diseño Rodetes Kvaerner: Secciones S1, S2 y S3: Se registra en el formato P/M/CP-01-F1 "Hoja de Control de Espesores Cucharas de Rodetes Pelton Diseño Kvaerner" y para el caso de Medición de espesor de los alabes (cucharas) Diseño Rodetes Voith: Secciones Pto. 5, Pto. 11 y Pto. 9: Se registra en el formato, P/M/CP-01-F2 "Hoja de Control de Espesores Cucharas de Rodetes Pelton Diseño Voith" Se registra en la Orden de Trabajo: Al inicio de la Preparación Al término de la Preparación ▪ Medición longitudinal y transversal de los alabes (cucharas) diseño Rodetes Kvaerner: Se registra en el formato P/M/CP-01-F3 "Hoja de Control Dimensiones Longitudinales y Transversales Cucharas de Rodetes Pelton Diseño Kvaerner" y para el caso de Rodetes de Diseño Voith: Se registra en el formato P/M/CP-01-F4 "Hoja de Control Dimensiones Longitudinales y Transversales Cucharas de Rodetes Pelton Diseño Voith". El registro es solo al término de la preparación. ▪ Ensayo no destructivo con líquidos penetrantes: Se registra en el formato P/M/CP-01-F5 "Hoja de Control de Inspección de Rodetes Pelton con LP".
02	Soldador y SMR	<p>Etapas 2: Rellenado Consiste en aportar soldadura para restituir el perfil original de los alabes (cucharas), con un sobre espesor de 3 mm. El electrodo de aporte es del tipo 13/4 (13% Cromo y 4% Níquel) denominados: Proceso MIGMAG: INOXFIL PS 134 de similares características químicas al metal base del Rodete Pelton y, Proceso SMAW: Citochrom 13/4.</p> <p>El sobre espesor se controla con las plantillas específicas para cada Diseño de Rodete Pelton: Diseño Kvaerner: Secciones: III, V, VII y 7. Filo de Ataque Kvaerner</p> <p>Diseño Voith: Secciones: 4, 7, 9 y 11. Filo de Ataque Voith</p> <p>En esta etapa, al término del proceso de relleno el SMR realiza el siguiente control:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Peso del Rodete Rellenado: Se registra en la OT.

N	RESP	ACTIVIDAD
03	Esmerilado y SMR	<p>Etapa 3: Esmerilado Consiste en retirar haciendo uso de piedras abrasivas accionadas con herramientas neumáticas el sobre espesor de soldadura aplicado hasta obtener el perfil original del alabe (cuchara), controlando con las plantillas de esmerilado:</p> <p>Rodetes Pelton Diseño Kvaerner: Plantilla General Kvaerner De sección: III, IV, V, VI, VII, a, b, c, y 7 Filo de Ataque Kvaerner: (Intrados 1, 2, 3, 4, 5 y Extrados 1, 2, 3, 4, 5) Plantilla cumbre divisor de chorro</p> <p>Rodetes Pelton Diseño Voith: Plantilla General Voith De sección: C4E, C4D, 5E, 5D, 6E, 6D, 7E, 7D, 8E, 8D, C9E, C9D, 10E, 10D, 11E, 11D, 12E, 12D. (E: Izquierdo) y (D:Derecho) Filo de Ataque Voith: Plantilla Extrado Principal, Extrados 1, 2, y 3. Plantilla cumbre divisor de chorro</p> <p>Adicionalmente se realiza el ensayo no destructivo con líquidos penetrantes para determinar la existencia de poros (PT-70-3 de la Norma CCH-70-3). Los resultados se registran en el formato P/M/CP-01-F5 "Hoja de Control de Inspección de Rodetes Pelton con LP".</p> <p>Realizar el balanceo estático del rodete, considerando como aceptable un desbalance residual menor o igual a 0,5 kg-m., determinado según Norma ISO 1940/1-VDI 2060 El SMR realiza los siguientes controles:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Determinación de la Masa de Prueba Residual y Peso Final del Rodete: Se registra en la OT ▪ Medición de espesor de los alabes (cucharas) Diseño Rodetes Kvaerner: Secciones S1, S2 y S3: Se registra en el formato , SP/M/CP-01-F1 "Hoja de Control de Espesores Cucharas de Rodetes Pelton Diseño Kvaerner" y para el caso de Medición de espesor de los alabes o cucharas Diseño Rodetes Voith: Secciones Pto. 5, Pto. 11 y Pto. 9: Se registra en el formato P/M/CP-01-F2 "Hoja de Control de Espesores Cucharas de Rodetes Pelton Diseño Voith" ▪ Medición longitudinal y transversal de los alabes (cucharas) diseño Rodetes Kvaerner: Se registra en el formato P/M/CP-01-F3 "Hoja de Control Dimensiones Longitudinales

		<p>y Transversales Cucharas de Rodetes Pelton Diseño Kvaerner” y para el caso de Rodetes de Diseño Voith: Se registra en el formato P/M/CP-01-F4 “Hoja de Control Dimensiones Longitudinales y Transversales Cucharas de Rodetes Pelton Diseño Voith”</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Medición de la dureza superficial en la zona de la Raíz, Filo de Ataque y Copa de los alabes (cucharas) del Rodete Pelton antes del Tratamiento Térmico: Se registra en el formato P/M/CP-01-F6 “Hoja de Control Dureza Superficial Cucharas de Rodetes Pelton”.
04	SMM y TM	<p>Etapa 4: Tratamiento Térmico El proceso térmico de alivio de tensiones internas (revenido) del rodete originado por el relleno con soldadura de los alabes (cucharas), se efectúa dentro del horno Thermidor, de acuerdo a la recomendación del fabricante del Rodete Pelton y de acuerdo al Ciclo de Tratamiento siguiente:</p> <p>Rampa de Velocidad de Calentamiento: 35 °C / h Temperatura de Sostenimiento (revenido): 590 °C durante 14 horas. Rampa de Velocidad de Enfriamiento: 25 °C / hora Temperatura de salida del Horno: 75 °C.</p> <p>El SMM, realiza las siguientes verificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Que el Registrador tenga papel y lo habilita para que registre la Curva de Revenido durante el Tratamiento Térmico del Rodete. ▪ Verifica que el Programa N° 1 del Ciclo de Tratamiento contenga los parámetros correctos. ▪ Puesta en marcha el Ciclo de Tratamiento: Introduce la hora y fecha actual, asimismo programa la hora de Inicio (Conexión) y la hora de Finalización (Desconexión) del Ciclo de Tratamiento, de acuerdo al Manual de Instrucción del Horno Thermidor. ▪ Cada hora el TM de turno, encargado de vigilar el Ciclo de Tratamiento registra las temperaturas de las zonas del horno, indicadas como Z-1, Z-2 y Z-3, asimismo debe registrar las temperaturas de las Termocuplas T-1, T-2, T-3, T-4, T-5 y T-6 luego, el Punto de Consigna de Temperatura Programado, después determina el Incremento de Temperatura (ATC), de la siguiente manera: Toma el valor del Punto de Consigna registrado y lo resta del valor de promedio de las temperaturas Z-1, Z-2 y Z-3 de la hora

		<p>anterior, el resultado lo registra en la columna ATC, finalmente debe registrar el Promedio Amperaje. Todos estos valores se registran en el formato P/M/CP-01-F7 "Hoja de Control Tratamiento térmico Rodetes Pelton"</p>
05	SMR	<p>Etapa 5: Control de Dureza Superficial alabes (Cucharas) En esta etapa, después de realizado el Tratamiento Térmico, el SMR realiza el siguiente control:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Medición de la dureza superficial en la zona de la Raíz, Filo de Ataque y Copa de los álabes (cucharas) del Rodete Pelton: Se registra en el formato P/M/CP-01-F6 "Hoja de Control Dureza Superficial Cucharas de Rodetes Pelton"

7 ANEXOS

- 7.1 Formato P/M/CP-01-F1 "Hoja de Control de Espesores Cucharas de Rodetes Pelton Diseño Kvaerner"
- 7.2 Formato P/M/CP-01-F2 "Hoja de Control de Espesores Cucharas de Rodetes Pelton Diseño Voith"
- 7.3 Formato P/M/CP-01-F3 "Hoja de Control Dimensiones Longitudinales y Transversales Cucharas Rodetes Pelton Diseño Kvaerner"
- 7.4 Formato P/M/CP-01-F4 "Hoja de Control Dimensiones Longitudinales y Transversales Cucharas Rodetes Pelton Diseño Voith"
- 7.5 Formato P/M/CP-01-F5 "Hoja de Control de Inspección de Rodetes Pelton con LP"
- 7.6 Formato P/M/CP-01-F6 "Hoja de Control Dureza Superficial Rodetes Pelton"
- 7.7 Formato P/M/CP-01-F7 "Hoja de Control Tratamiento Térmico Rodetes Pelton"

Nº DE OT:

RODETE Nº:

ACTIVIDAD:
 INSPECCION EN SERVICIO

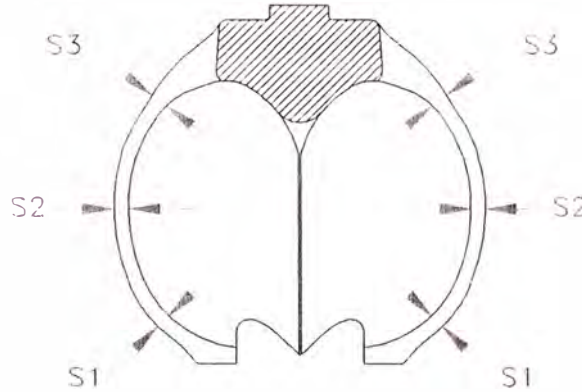
FECHA INSPECCION:

FECHA INICIO OPERACIÓN:

RODETE FUERA DE SERVICIO

RODETE TERMINO PREPARACION

RODETE AL TERMINO DEL ESMERILADO



Unidad de Medida: mm

Nº	Sec. S1		Sec. S2		Sec. S3	
	I	D	I	D	I	D
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
Promedio						

CRITERIOS DE ACEPTACION ESMERILADO:

Sec. S1: 25 +2.5/-1.0
 Sec. S2: 28 +3.0/-1.5
 Sec. S3: 32 +3.0/-1.5

ACCIONES PARA ELIMINAR NO ACEPTACION DETECTADA:

.....

Responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____

ACEPTABLE

NO ACEPTABLE

VERIFICACION:

.....

Responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____

SM Rodete/ Resp OT:
FIRMA:

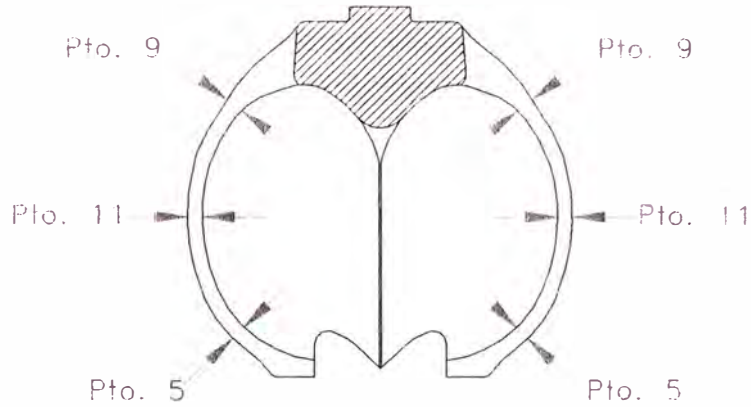
N° DE OT:

RODETE N°:

ACTIVIDAD:
 INSPECCION EN SERVICIO
 RODETE FUERA DE SERVICIO
 RODETE TERMINO PREPARACION
 RODETE AL TERMINO DEL ESMERILADO

FECHA INSPECCION:

FECHA INICIO OPERACIÓN:



Unidad de Medida: mm

N° Cuchara	Sec. S1		Sec. S2		Sec. S3	
	I	D	I	D	I	D
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
Promedio						

CRITERIOS DE ACEPTACION ESMERILADO:

Sec. S1: 28 +2.5/-1.5
 Sec. S2: 28 +2.5/-1.5
 Sec. S3: 28 +2.5/-1.5

ACCIONES PARA ELIMINAR NO ACEPTACION DETECTADA:

.....

Responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____

VERIFICACION:

.....

Responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____

ACEPTABLE

NO ACEPTABLE

SM Rodete/ Resp OT:
 FIRMA:

Nº DE OT:

RODETE Nº:

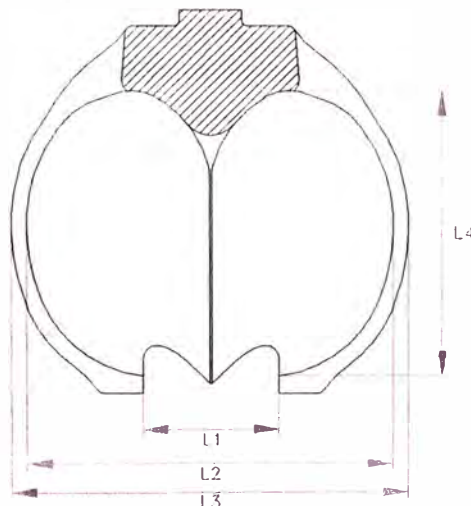
ACTIVIDAD:

FECHA INSPECCION:

FECHA INICIO OPERACIÓN:

PREPARACION DE RODETES

ESMERILADO



Unidad de Medida: mm

Nº	L1	L2	L3	L4
Cuchara				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
Promedio				

CRITERIOS DE ACEPTACION ESMERILADO:

- L1: 225 +2.5/-1.0
- L2: 672 +2.5/-1.0
- L3: 728 +2.5/-1.0
- L4: 600 +2.5/-1.0

ACCIONES PARA ELIMINAR NO ACEPTACION DETECTADA:

.....

Responsable:

Fecha:

Firma:

ACEPTABLE

NO ACEPTABLE

VERIFICACION:

.....

Responsable:

Fecha:

Firma:

SM Rodete/ Resp OT:
FIRMA:

N° DE OT:

RODETE N°:

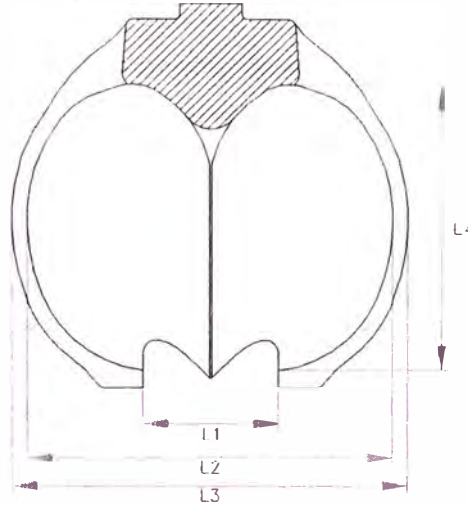
ACTIVIDAD:

PREPARACION DE ROJETES

FECHA INSPECCION:

FECHA INICIO OPERACIÓN:

ESMERILADO



Unidad de Medida: mm

N° Cuchara	L1	L2	L3	L4
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
Promedio				

CRITERIOS DE ACEPTACION ESMERILADO:

- L1: 256 +2.5/-1.0
- L2: 675 +2.5/-1.0
- L3: 731 +2.5/-1.0
- L4: 607.5 +2.5/-1.0

ACCIONES PARA ELIMINAR NO ACEPTACION DETECTADA:

.....
.....
.....

Responsable:

Fecha:

Firma:

ACEPTABLE

NO ACEPTABLE

VERIFICACION:

.....

Responsable:

Fecha:

Firma:

**SM Rodete/ Resp OT:
FIRMA:**

Nº DE OT:

RODETE Nº:

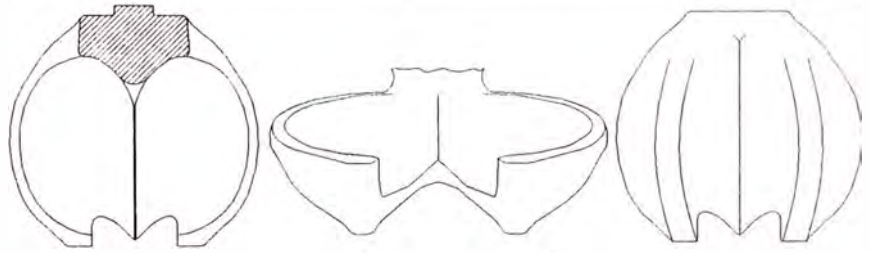
ACTIVIDAD:

FECHA INSPECCION:

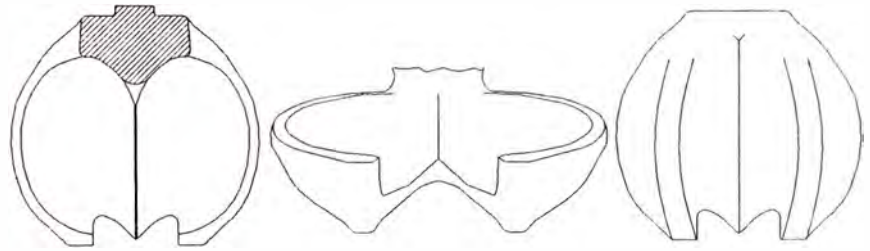
FECHA INICIO OPERACIÓN:

INSP. EN SERVICIO
REPARACION RODETE: PREPARACION
REPARACION RODETE: ESMERILADO

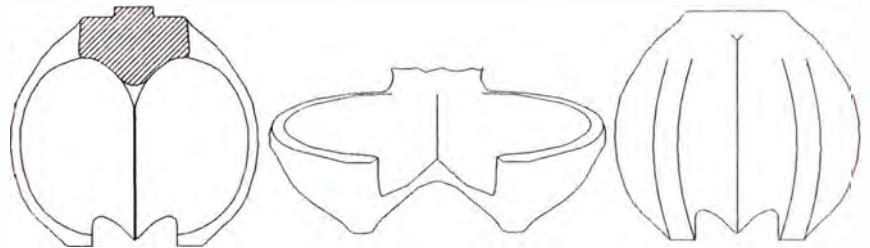
Nº : 01



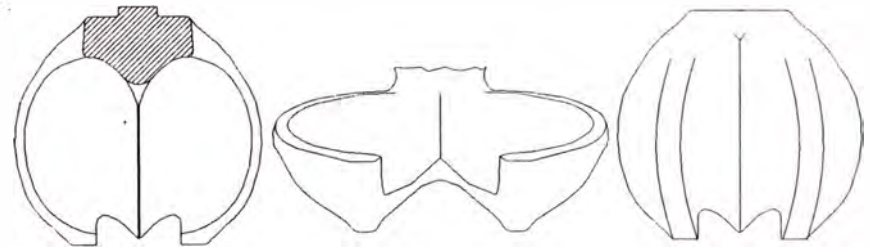
Nº : 02



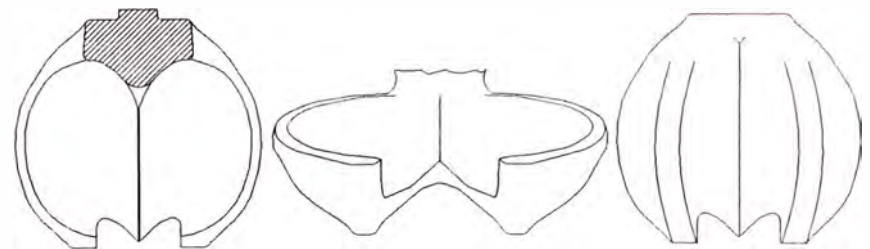
Nº : 03



Nº : 04



Nº : 05



CRITERIO DE ACEPTACIÓN

PT-70-3 DE LA NORMA CCH-70-3

ACEPTABLE

NO ACEPTABLE

SM Rodete/ Resp OT:

FIRMA:

ACCIONES PARA ELIMINAR NO ACEPTACIÓN DETECTADA:

.....
.....

VERIFICACION: Responsable: Fecha: Firma:

.....

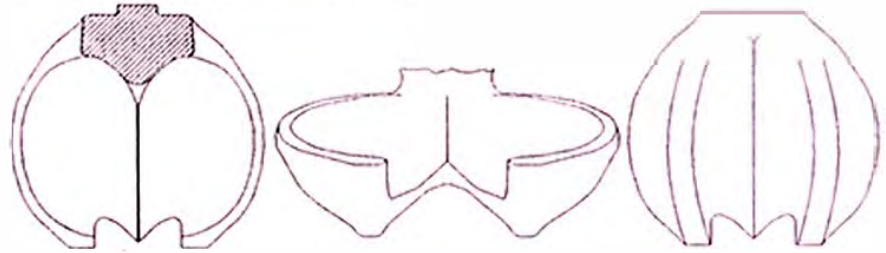
Responsable: Fecha: Firma:

Nº DE OT: _____
FECHA INSPECCION: _____

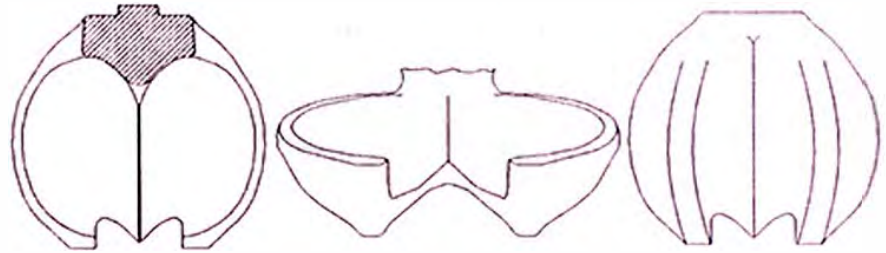
RODETE Nº: _____
FECHA INICIO OPERACIÓN: _____

ACTIVIDAD:
 INSP. EN SERVICIO
 REPARACION RODETE: PREPARACION
 REPARACION RODETE: ESMERILADO

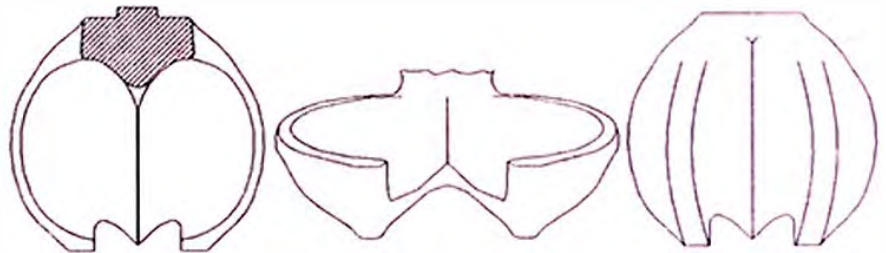
Nº : 06



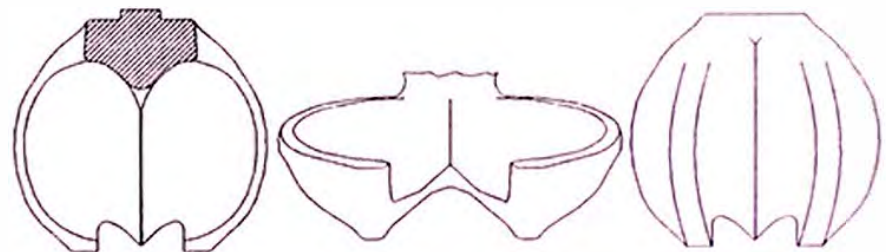
Nº : 07



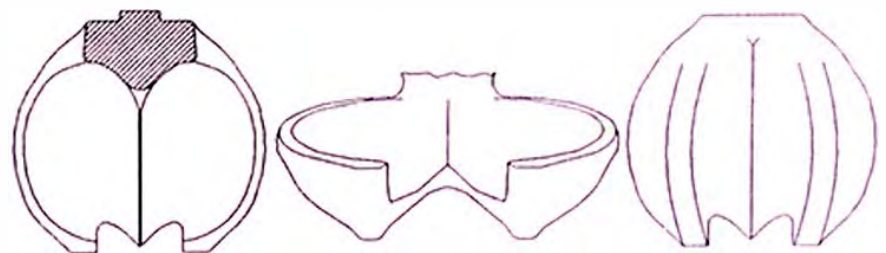
Nº : 08



Nº : 09



Nº : 10



CRITERIO DE ACEPTACIÓN
PT-70-3 DE LA NORMA CCH-70-3

ACEPTABLE
NO ACEPTABLE

SM Rodete/ Resp OT:

FIRMA:

ACCIONES PARA ELIMINAR NO ACEPTACIÓN DETECTADA:

Responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____
VERIFICACION:

Responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____

Nº DE OT:

RODETE Nº:

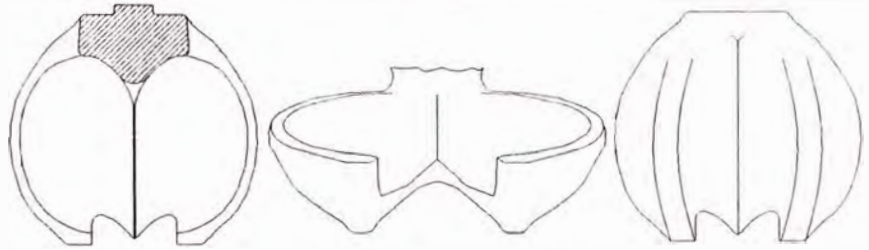
ACTIVIDAD:

FECHA INSPECCION:

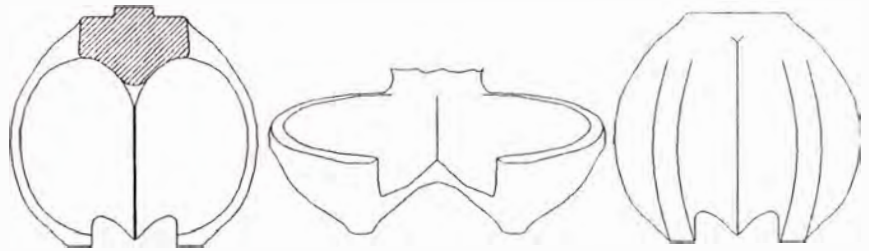
FECHA INICIO OPERACIÓN:

INSP. EN SERVICIO
REPARACION RODETE: PREPARACION
REPARACION RODETE: ESMERILADO

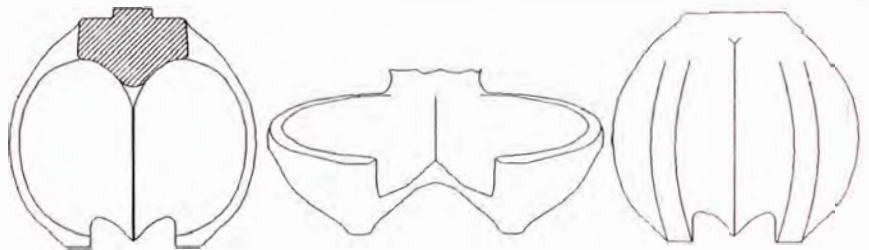
Nº : 11



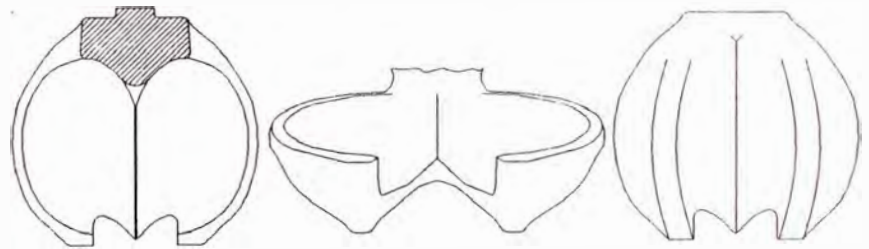
Nº : 12



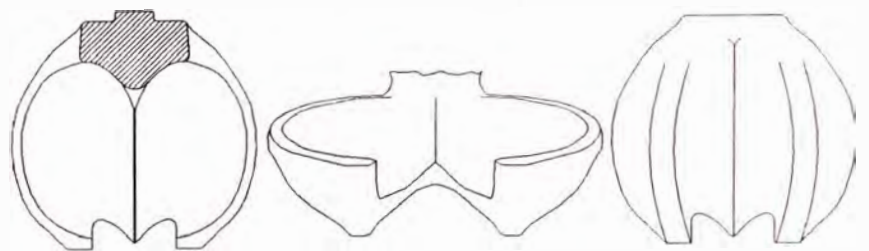
Nº : 13



Nº : 14



Nº : 15



CRITERIO DE ACEPTACION

PT-70-3 DE LA NORMA CCH-70-3

ACEPTABLE

NO ACEPTABLE

SM Rodete/ Resp OT:

FIRMA:

ACCIONES PARA ELIMINAR NO ACEPTACION DETECTADA:

.....
.....

Responsable:
VERIFICACION:

Fecha:

Firma:

.....

Responsable:

Fecha:

Firma:

Nº DE OT:

RODETE Nº:

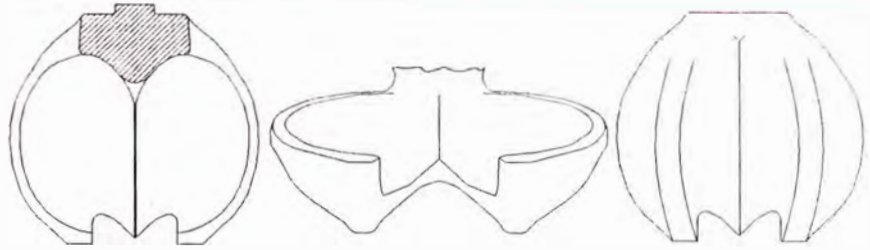
ACTIVIDAD:

FECHA INSPECCION:

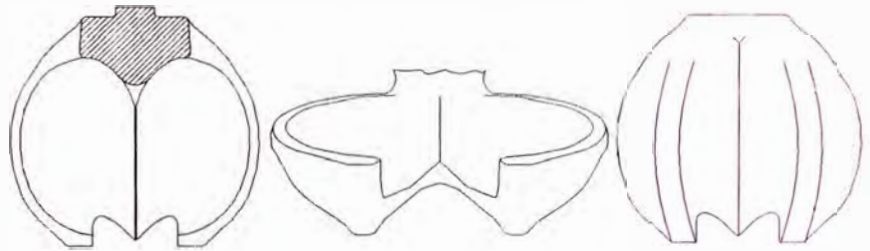
FECHA INICIO OPERACIÓN:

INSP. EN SERVICIO
REPARACION RODETE: PREPARACION
REPARACION RODETE: ESMERILADO

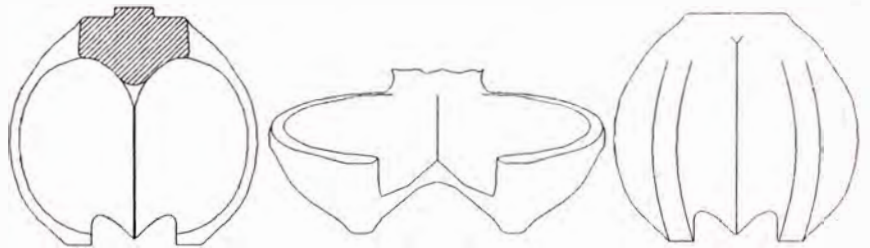
Nº : 16



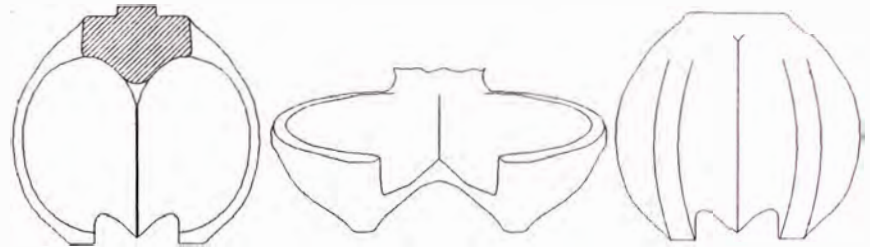
Nº : 17



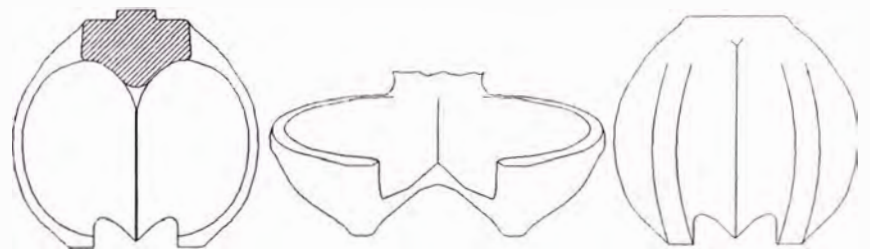
Nº : 18



Nº : 19



Nº : 20



CRITERIO DE ACEPTACIÓN
PT-70-3 DE LA NORMA CCH-70-3

ACEPTABLE

NO ACEPTABLE

SM Rodete/ Resp OT:

FIRMA:

ACCIONES PARA ELIMINAR NO ACEPTACIÓN DETECTADA:

.....
.....

Responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____

VERIFICACION:

.....
.....

Responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____

N° DE OT:

RODETE N°:

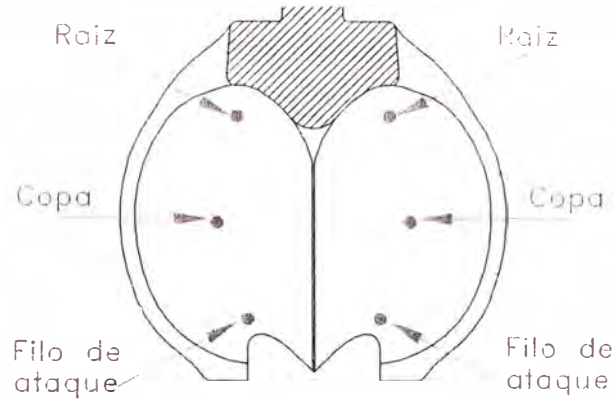
ACTIVIDAD:

FECHA INS PECCION:

FECHA INICIO OPERACIÓN:

ANTES DEL TRATAMIENTO TERMICO

DESPUES DEL TRATAMIENTO TERMICO



Unidad de Medida: Hardness Brinell

N° Cuchara	FILO DE ATAQUE		COPA		RAIZ	
	I	D	I	D	I	D
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
Promedio						

CRITERIOS DE ACEPTACION :

Dureza HB : 265<HB<340

ACEPTABLE

NO ACEPTABLE

**SM Rodete/ Resp OT:
FIRMA:**

ACCIONES PARA ELIMINAR NO ACEPTACION DETECTADA:

.....
.....

Responsable: **Fecha:** **Firma:**

VERIFICACION:

.....
.....

Responsable: **Fecha:** **Firma:**

Nº DE OT:

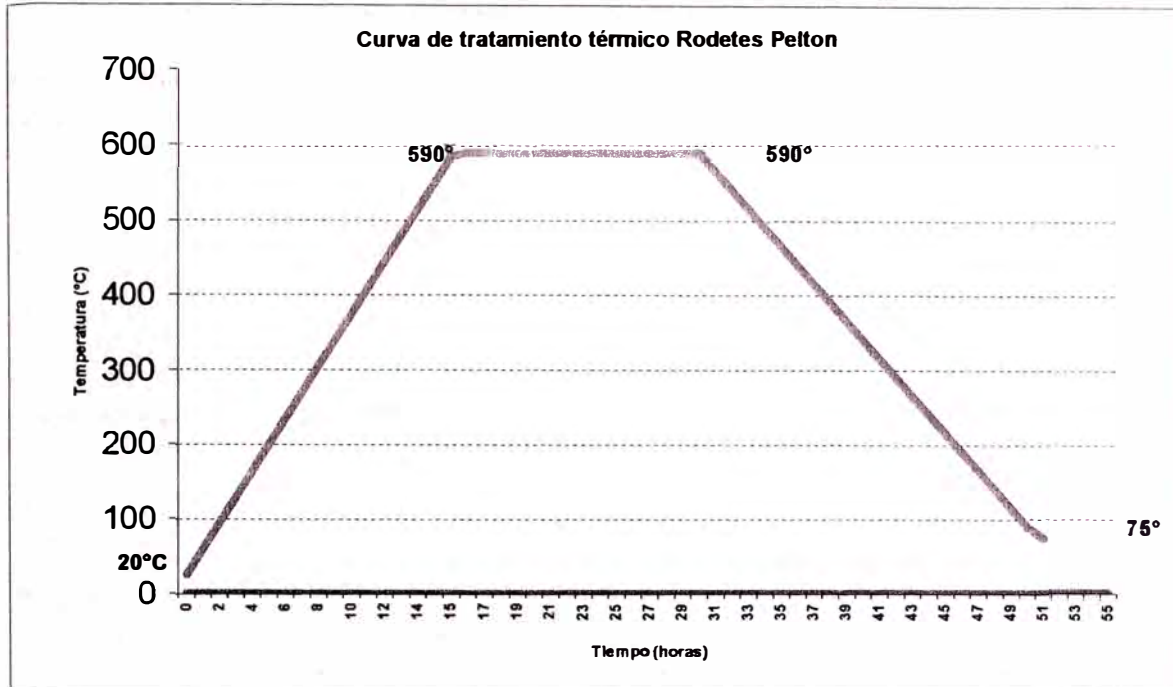
HORA DE INICIO TT:

HORA DE FINALIZACIÒN TT:

RODETE Nº

FECHA DE INICIO TT:

FECHA DE FINALIZACIÒN TT:



Horas	Temp(°C)	Horas	Temp(°C)	Horas	Temp(°C)	Horas	Temp(°C)
0		15		31		47	
1		16		32		48	
2		17		33		49	
3		18		34		50	
4		19		35		51	
5		20		36		52	
6		21		37		53	
7		22		38		54	
8		23		39		55	
9		24		40		56	
10		25		41		57	
11		26		42		58	
12		27		43		59	
13		28		44			
14		29		45			
15		30		46			

ACEPTABLE

NO ACEPTABLE

SM Rodete/ Resp OT:
FIRMA:

ACCIONES PARA ELIMINAR NO ACEPTACION DETECTADA:

Responsible:

Fecha:

Firma:

VERIFICACION:

Responsible:

Fecha:

Firma:

Nº DE OT:

HORA DE INICIO TT:

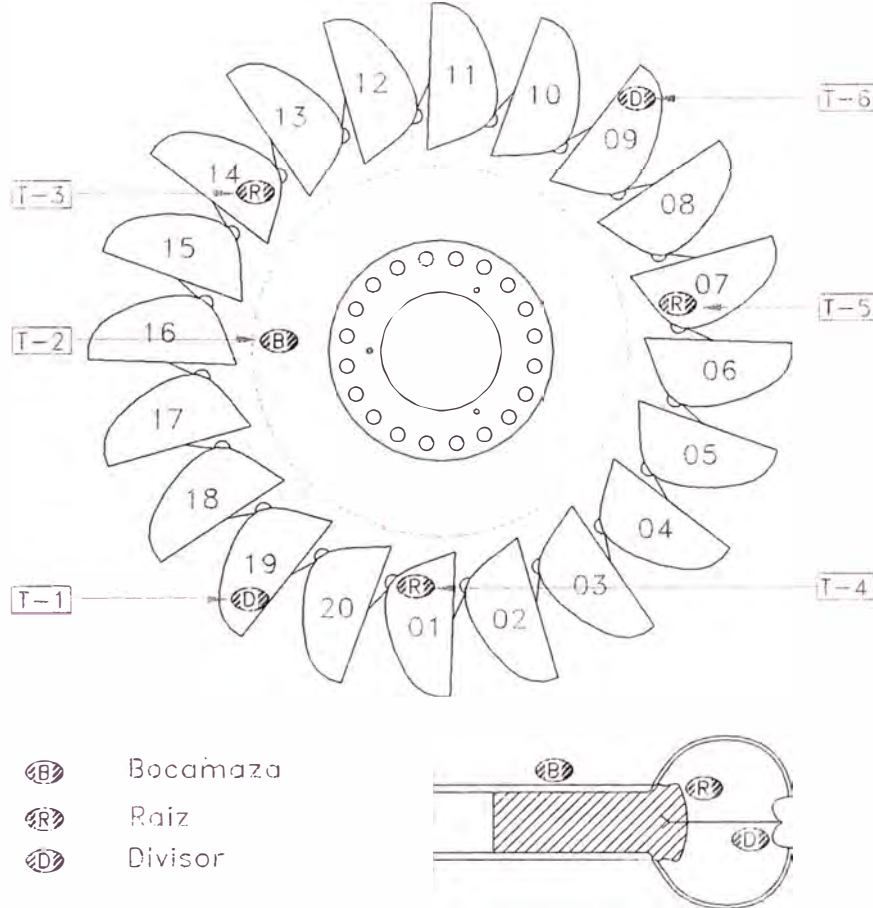
HORA DE FINALIZACIÓN TT:

RODETE Nº

FECHA DE INICIO TT:

FECHA DE FINALIZACIÓN TT:

UBICACIÓN DE LAS TERMOCUPLAS PARA MONITOREO DE TEMPERATURAS



Identificación Termocupla	Ubicación	Lugar de colocación
T-1	Cuchara Nº 19	Divisor
T-2	Bocamaza	Bocamaza
T-3	Cuchara Nº 14	Raiz
T-4	Cuchara Nº 01	Raiz
T-5	Cuchara Nº 07	Raiz
T-6	Cuchara Nº 09	Divisor

ACEPTABLE
NO ACEPTABLE
SM Rodete/ Resp OT:
FIRMA:

ACCIONES PARA ELIMINAR NO ACEPTACION DETECTADA:

Responsable: Fecha: Firma:

VERIFICACION:

Responsable: Fecha: Firma:

Apéndice F

Costos Variables

CUADRO N°4.6

PRECIO DE COMBUSTIBLE DE LAS CENTRALES TERMICAS DEL SEIN - 2005

(US\$/BARRIL)

EMPRESA	UNIDAD/CENTRAL	TIPO DE COMBUSTIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
SHOUGESA	TV1SHOUGESA	RESIDUAL 500	36.67	34.53	35.91	34.02	37.55	40.81	40.79	45.55	46.51	45.90	45.47	46.94
	TV2 SHOUGESA	RESIDUAL 500	36.67	34.53	35.91	34.02	37.55	40.81	40.79	45.55	46.51	45.90	45.47	46.94
	TV3 SHOUGESA	RESIDUAL 500	36.67	34.53	35.91	34.02	37.55	40.81	40.79	45.55	46.51	45.90	45.47	46.94
	CUMMINS	DIESEL 2	71.11	71.22	73.07	74.48	77.79	78.72	78.69	84.63	87.30	86.27	85.34	84.99
TERMO SELVA	AGUAYTIA 1 (1)	GAS NATURAL	103	105	107	109	113	116	125	128	132	139	147	154
	AGUAYTIA 2 (1)	GAS NATURAL	103	105	107	109	113	116	125	128	132	139	147	154
EEPSA	MALACASTGN-4 DIESEL	DIESEL 2	92.77	92.91	92.80	99.42	99.51	100.45	100.42	106.15	100.51	103.22	102.25	101.69
	MALACASTGN-4 (GAS) (1)	GAS NATURAL	3.11	3.14	3.19	3.25	3.34	3.45	147	150	152	156	162	169
	MALACASTGN-4 (GAS CON H2O)	GAS NATURAL CON AGUA	3.11	3.14	3.19	3.25	3.34	3.45	147	150	152	156	162	169
	MALACASTG 123 (1)	GAS NATURAL	3.11	3.14	3.19	3.25	3.34	3.45	147	150	152	156	162	169
ETEVENSA	TG VENTANILLA	DIESEL 2	72.35	72.46	75.61	78.96	79.04	79.06	79.94	79.19	84.33	124.43	111.37	110.70
	TG VENTANILLA (1)	GAS NATURAL									2.10	2.16	2.23	2.28
EDELGEL	TG WESTINGHOUSE (1)	DIESEL 2 (2)	75.65	75.77	75.68	82.66	82.73	196	2.16	2.21	2.25	2.31	2.39	2.46
	TG S ROSA UT15	DIESEL 2	75.65	75.77	75.68	82.66	82.73	83.67	81.16	80.41	85.93	112.51	97.23	96.69
	TG S ROSA UT16	DIESEL 2	75.65	75.77	75.68	82.66	82.73	83.67	81.16	80.41	85.93	112.51	97.23	96.69
EGENOR	DS PAITA 1	DIESEL 2	71.75	71.86	71.78	75.12	75.19	77.94	77.92	82.19	80.74	83.52	82.74	82.28
	DS PIURA 1	RESIDUAL 6	45.92	45.99	45.93	48.47	48.51	48.66	48.64	53.58	55.16	54.58	57.16	58.57
	DS PIURA 2	RESIDUAL 6	45.92	45.99	45.93	48.47	48.51	48.66	48.64	53.58	55.16	54.58	57.16	58.57
	DS CHICLAYO OESTE-D	RESIDUAL 6	45.64	45.71	45.65	48.18	48.23	48.37	48.36	54.71	54.88	54.31	56.89	59.30
	DS SULLANA	DIESEL 2	71.49	71.60	71.52	74.86	74.93	77.68	77.66	81.93	86.79	85.90	85.09	84.62
	DS PAITA 2	DIESEL 2	71.75	71.86	71.78	75.12	75.19	77.94	77.92	82.19	80.74	83.52	82.74	82.28
	TG TRUJILLO	DIESEL 2	74.02	74.13	74.04	77.52	77.59	80.99	80.96	85.34	83.83	89.33	86.43	88.00
	TG1CHIMBOTE	DIESEL 2	74.21	74.32	74.23	77.71	77.79	81.18	81.16	85.53	84.02	89.52	88.68	88.19
	PIURA TG	DIESEL 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	82.35	85.29	84.84
	TG3 CHIMBOTE	DIESEL 2	74.21	74.32	74.23	77.71	77.79	81.18	81.16	85.53	84.02	89.52	88.68	88.19
	TG PIURA	RESIDUAL 6	71.13	71.24	71.16	48.47	48.51	48.66	48.64	53.58	55.16	54.58	57.16	58.57
ENERSUR	TV2 ENERSUR	RESIDUAL 500	29.01	31.34	31.30	38.34	41.87	40.07	40.06	43.02	42.26	46.82	46.38	43.54
	TG1ILO	DIESEL 2	73.64	73.75	73.66	73.78	80.20	80.22	81.10	80.34	85.36	88.70	87.87	87.39
	TV3 ENERSUR	RESIDUAL 500	29.01	31.34	31.30	38.34	41.87	40.07	40.06	43.02	42.26	46.82	46.38	43.54
	TV4 ENERSUR	RESIDUAL 500	29.01	31.34	31.30	38.34	41.87	40.07	40.06	43.02	42.26	46.82	46.38	43.54
	KATCATO (ENERSUR)	DIESEL 2	73.64	73.75	73.66	73.78	80.20	80.22	81.10	80.34	85.36	88.70	87.87	87.39
	TG2ILO	DIESEL 2	73.64	73.75	73.66	73.78	80.20	80.22	81.10	80.34	85.36	88.70	87.87	87.39
	TV CARBON ILO 2 (3)	CARBON	72.90	72.90	72.90	72.19	73.94	73.94	73.34	78.26	78.26	78.26	78.07	72.46
CAHUA	DS PACAS-SULZER	DIESEL 2 (4)	40.89	40.95	40.90	40.97	43.60	43.61	46.97	100.08	100.96	99.91	102.56	102.00
	DS PACASMAN	DIESEL 2	48.78	48.86	48.80	48.68	51.88	52.09	55.08	100.08	100.96	99.91	102.56	102.00
EGASA	SULZER CHILINA	R500 - D2	44.80	42.42	42.55	43.78	44.23	45.53	45.61	51.30	51.35	50.40	50.01	51.7
	TV2 CHILINA	RESIDUAL 500	41.90	39.25	39.20	40.55	40.59	42.03	42.02	48.43	47.91	46.42	45.98	47.33
	TV3 CHILINA	RESIDUAL 500	41.90	39.25	39.20	40.55	40.59	42.03	42.02	48.43	47.91	46.42	45.98	47.33
	C. COMBINADO	DIESEL 2	67.37	67.47	69.20	69.31	73.52	73.54	74.43	73.73	72.43	87.03	86.27	85.74
	MOLLENDO 12.3	RESIDUAL 500	35.23	35.28	35.24	37.11	37.14	37.15	40.25	39.87	43.84	45.26	44.83	46.28
	TGM 1MOLLENDO	DIESEL 2	69.76	69.87	69.78	77.01	77.09	77.11	77.99	77.26	82.33	86.22	85.41	84.94
	TGM 2MOLLENDO	DIESEL 2	69.76	69.87	69.78	77.01	77.09	77.11	77.99	77.26	82.33	86.22	85.41	84.94
SAN GABAN	BELLAVISTA MAN 1	DIESEL 2	74.16	74.27	74.18	80.64	80.72	81.65	81.62	87.40	85.86	89.09	88.26	87.77
	BELLAVISTAALCO	DIESEL 2	74.16	74.27	74.18	80.64	80.72	81.65	81.62	87.40	85.86	89.09	88.26	87.77
	TAPARACHI	DIESEL 2	74.05	74.17	74.08	80.54	80.61	81.54	81.52	87.30	85.76	88.94	88.11	87.67
EGEMSA	DOLORES(GM 123 ALC 12)	DIESEL 2	75.04	75.16	77.01	77.12	81.60	81.63	82.51	81.73	91.01	90.07	89.23	88.73
	DOLORES(SZ 12)	DIESEL 2	75.04	75.16	77.01	77.12	81.60	81.63	82.51	81.73	91.01	90.07	89.23	88.73
EGESUR	CALANA 123	RESIDUAL 500	38.71	38.77	40.01	41.37	41.41	44.79	44.78	48.96	50.01	49.19	50.42	51.12
	CALANA 4	RESIDUAL 500	38.71	38.77	40.01	41.37	41.41	44.79	44.78	48.96	50.01	49.19	50.42	51.12
ELECTROPERU	TUMBES	RESIDUAL 6	43.96	42.21	42.16	44.94	44.99	48.58	48.49	48.03	51.85	51.31	52.81	50.11
	YARINACUCHA	RESIDUAL 6		43.38	43.32	40.67	42.00	42.02	45.38	54.19	53.24	58.11	54.87	58.82

Nota

(1) Expresados en US\$/MBTU

(2) A partir de junio de 2005 entra a operar con gas de Camisea.

(3) Expresados en US\$/t

(4) En el transcurso de año opera con Diesel.

Los precios incluyen fletes, tratamiento químico, mecánico y costos financieros.

CUADRO N° 4.7

COSTOS VARIABLES DE LAS CENTRALES TERMOLÉCTRICAS DEL SINAC (Vigentes a Diciembre de 2005)

Tecnología Unidad/Comb.	Unidad	Empresa	P. Efectiva (MW)	Rend. Termic. (Kwh/gal) (%)	Efic. Térmica (%)	Precio Comb US\$/baril (%)	COSTOS VARIABLES (US\$/Mwh)			
							Valores Nominales			
							CVC (n)	CVNC	CV (n)	
TG Gas Natural (A)	AGUAYTIA TG 1 - GAS	TERMOSELVA	87,046	0.09	29.8%	154	17.6	3.0	20.7	
	AGUAYTIA TG 2 - GAS	TERMOSELVA	78,446	0.09	29.3%	154	17.9	3.0	20.9	
	MALACAS TG 4 - GAS	EEPSA	81,151	0.08	28.0%	166	20.1	3.1	23.3	
	VENTANILLA TG 4 - GAS	ETEVENSA	156,101	0.10	33.7%	2.29	23.2	3.8	26.9	
	VENTANILLA TG 3 - GAS	ETEVENSA	159,215	0.10	33.6%	2.29	23.2	3.8	27.0	
	MALACAS TG 3 - GAS	EEPSA	15,349	0.06	22.0%	166	25.7	4.0	29.7	
	MALACAS TG 2 - GAS	EEPSA	15,044	0.06	21.8%	166	25.9	4.0	29.9	
	MALACAS TG 1 - GAS	EEPSA	15,018	0.06	21.2%	166	26.7	4.0	30.7	
	STA ROSA WEST TG7 - GAS	EDEGEL	109,363	0.09	31.5%	2.46	26.6	4.1	30.7	
	STA ROSA WEST TG7 - GAS CON H2O	EDEGEL	123,298	0.09	30.0%	2.46	27.9	4.1	32.0	
	MALACAS TG 4 - GAS CON H2O	EEPSA	97,352	0.08	25.9%	166	21.8	2.16	43.4	
	TV Carbon (B)	ILO2 TV1 - CARB	ENERSUR	14,1077	3.01	41.4%	72.46	24.1	1.0	25.1
TV Residual (C)	ILO1TV2 - R500	ENERSUR	23,196		34.9%	43.54	55.6	1.9	57.5	
	ILO1TV3 - R500	ENERSUR	71,689		33.6%	43.54	67.5	1.3	68.8	
	ILO1TV4 - R500	ENERSUR	55,288		34.5%	43.54	67.9	1.2	69.1	
	SAN NICOLAS TV 3 - R500	SHOUGESA	25,390	12.89	30.7%	46.94	86.7	2.0	88.7	
	SAN NICOLAS TV 1 - R500	SHOUGESA	19,666	12.00	28.6%	46.94	93.1	2.0	95.1	
	SAN NICOLAS TV 2 - R500	SHOUGESA	19,448	11.88	28.3%	46.94	94.1	2.0	96.1	
	CHILUNA TV3 - R500	EGASA	10,103	9.30	22.2%	47.33	121.2	4.2	125.4	
	CHILUNA TV2 - R500	EGASA	6,786	8.99	21.4%	47.33	125.3	4.5	129.9	
	DIESEL D2/R5/R6 (D)	TUMBES - R6	ELECTROPERU	18,088	18.22	43.7%	50.08	65.4	7.0	72.4
		MOLLENDO 123 - R500	EGASA	3,1461	17.80	42.4%	46.18	61.8	13.8	75.6
CALANA 123 - R6		EGESUR	19,064	17.42	41.8%	53.12	72.6	4.9	77.5	
YARINACOCHA - R6		ELECTROPERU	24,983	17.79	42.7%	56.04	75.0	3.3	78.3	
CHILUNA SULZ 12 - R500 D2		EGASA	10,284	16.14	42.1%	51.17	75.5	6.8	82.2	
CALANA 4 - R6		EGESUR	6,442	16.18	38.8%	53.12	78.2	4.9	83.1	
PIURA 1 - R6		EGENOR	16,843	15.50	37.2%	58.57	89.9	7.1	97.1	
CHICLAYO OESTE - R6		EGENOR	24,103	14.42	34.6%	58.30	96.3	7.0	103.3	
PIURA 2 - R6		EGENOR	5,361	14.40	34.5%	58.57	96.8	7.1	104.0	
SAN NICOLAS CUMMINS - D2		SHOUGESA	1,241	15.60	40.7%	84.99	129.7	7.1	136.8	
PAITA 1 - D2		EGENOR	6,205	13.61	35.5%	82.28	144.0	7.5	151.5	
BELLAVISTA MAN 1 - D2		SAN GABAN	1,751	14.31	37.3%	87.77	146.0	8.2	154.2	
ILO1CATKATO - D2		ENERSUR	3,181	14.48	37.8%	87.39	143.7	13.4	157.0	
TAPARACHI - D2		SAN GABAN	4,483	13.85	36.1%	87.67	150.7	10.1	160.8	
SULLANA - D2		EGENOR	10,306	13.02	34.0%	84.62	154.8	7.3	162.1	
DOLORES (GM 123 ALC 12) - D2		EGEMSA	8,992	13.04	34.0%	88.73	162.0	4.8	166.8	
PAITA 2 - D2		EGENOR	2,613	12.28	32.0%	82.28	159.5	7.5	167.0	
DOLORES (SZ 12) - D2		EGEMSA	2,836	12.98	33.9%	88.73	162.8	4.8	167.6	
CNP SULZER 123 - D2		CAHUA	16,246	14.02	33.6%	102.00	173.3	7.0	180.3	
BELLAVISTA ALCO - D2		SAN GABAN	1,824	11.85	30.9%	87.77	176.3	8.2	184.5	
CNP MAN - D2		CAHUA	14,17	11.86	30.9%	102.00	204.8	7.0	211.8	
CC Gas-Vapor (E)		CICLO COMBINADO - D2	EGASA	18,702	11.92	31.1%	85.74	171.3	3.6	174.8
TG Diesel (F)		PIURA TG - R6	EGENOR	20,951	10.85	26.0%	58.57	128.5	2.7	131.2
		ILO1TG2 - D2	ENERSUR	34,937	12.16	31.7%	87.39	171.1	6.4	177.5
		MOLLENDO TG2 - D2	EGASA	35,803	11.27	29.4%	84.94	179.4	2.6	182.0
		ILO1TG1 - D2	ENERSUR	34,607	11.40	29.7%	87.39	182.5	2.6	185.1
		STA ROSA WEST TG7 - D2 CON H2O	EDEGEL	12,1331	12.61	32.9%	96.81	182.8	4.1	186.9
		MOLLENDO TG 1 - D2	EGASA	35,220	10.90	28.4%	84.94	185.5	2.6	188.1
		MALACAS TG 4 - D2	EEPSA	79,811	13.05	34.1%	101.69	185.5	4.0	189.5
		VENTANILLA TG 4 - D2	ETEVENSA	152,496	14.09	36.8%	110.75	187.2	4.0	191.2
	VENTANILLA TG 3 - D2	ETEVENSA	152,652	14.00	36.5%	110.75	188.4	4.0	192.4	
	VENTANILLA TG 4 - D2 CON H2O	ETEVENSA	164,142	13.77	35.9%	110.75	191.5	4.0	195.5	
	VENTANILLA TG 3 - D2 CON H2O	ETEVENSA	160,522	13.72	35.8%	110.75	192.2	4.0	196.2	
	STA ROSA UTI 6 - D2	EDEGEL	53,790	11.99	31.3%	96.69	191.9	7.1	199.0	
	PIURA TG - D2	EGENOR	19,740	9.73	25.4%	84.81	207.5	2.7	210.2	
	STA ROSA UTI 5 - D2	EDEGEL	52,019	10.85	28.3%	96.69	212.2	7.1	219.3	
	CHIMBOTE TG3 - D2	EGENOR	21,305	9.54	24.9%	88.19	220.1	2.7	222.8	
	CHIMBOTE TG 1 - D2	EGENOR	21,385	9.35	24.4%	88.19	224.6	2.7	227.3	
	TRUJILLO TG - D2	EGENOR	21,345	8.94	23.3%	88.00	231.4	2.7	237.1	
	CHIMBOTE TG2	EGENOR	20,465	9.38	24.6%					Retirado de la operación comercial

(1) Todos los precios incluyen (donde corresponda) fletes, tratamiento químico, tratamiento mecánico y costo financiero.

Para las unidades de generación que operan con gas y carbón las unidades de medida respectivamente son:

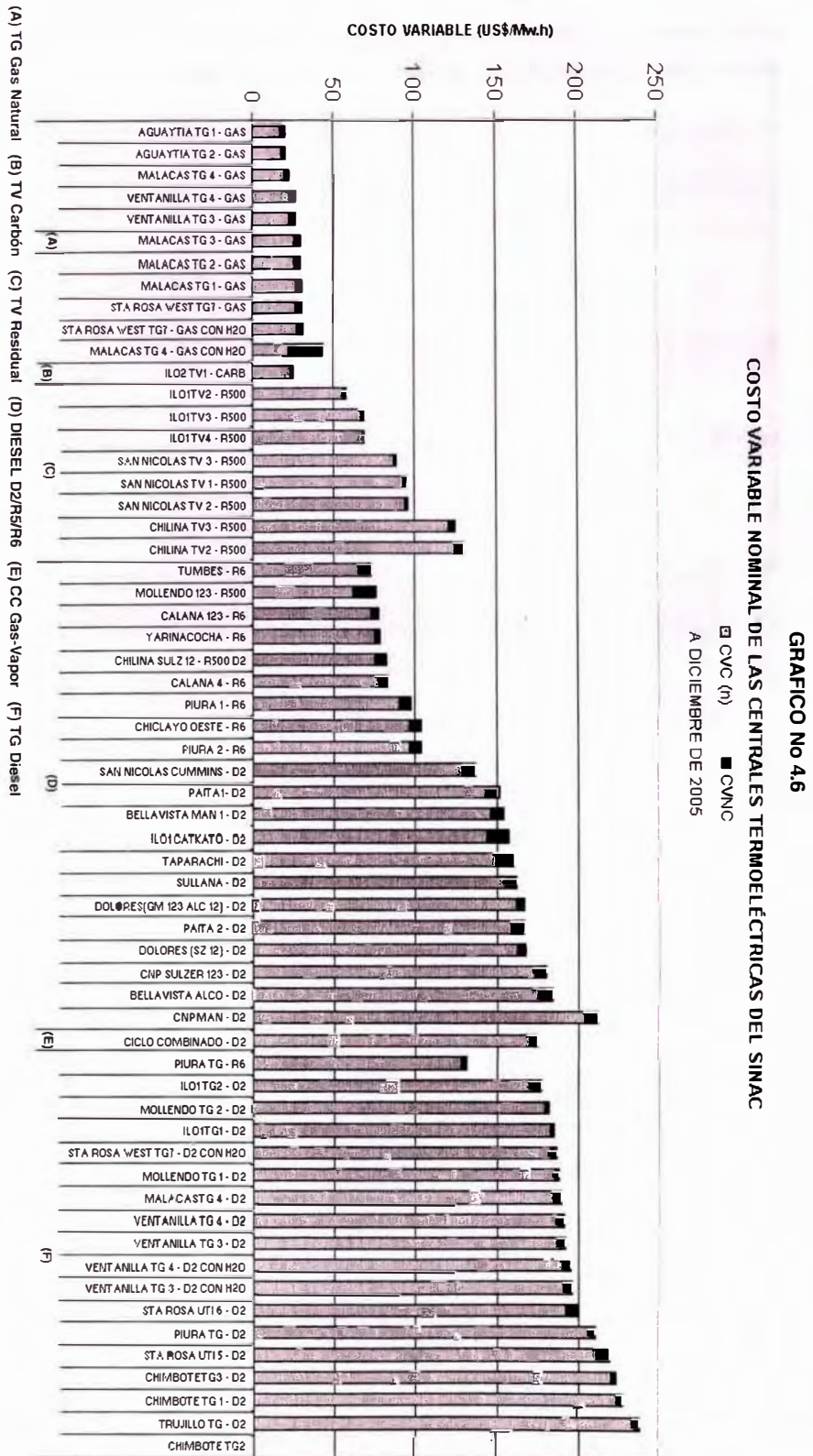
Rendimiento térmico : Kw/h/MBTU y Kw/h/kg

Costo de combustible : US\$/MBTU y US\$/t

(2) Unidades retiradas de la operación comercial en el COES durante 2005.

- CT Piura - Unidad Stork con P.E. 4 829 MW, retirada el 2005-08-01

- CT Chimbote - Unidad TG2 con P.E. 20 465 MW, retirada el 2005-11-06



■ CVC (h) ■ CVMC

A DICIEMBRE DE 2005

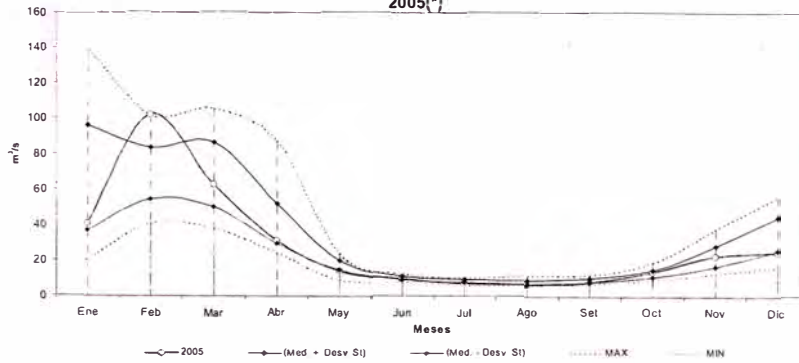
CUADRO N° 5.21

CAUDALES PROMEDIOS DEL RIO SAN GABAN (m³/s)

	1999*	2000*	2001	2002	2003	2004	2005
Ene	51.3	48.1	104.2	55.0	81.8	96.3	40.3
Feb	99.3	70.0	79.5	91.6	82.2	81.9	101.7
Mar	77.8	48.3	103.5	97.6	79.2	37.8	62.6
Abr	39.3	24.4	46.2	44.4	86.6	28.4	30.9
May	23.3	13.7	19.8	19.5	22.4	17.1	14.2
Jun	9.4	9.7	11.6	11.6	11.2	12.3	9.3
Jul	6.7	9.0	10.1	10.3	9.1	8.2	7.0
Ago	6.6	7.8	11.5	7.8	7.3	5.9	6.6
Set	8.7	8.1	11.0	11.2	7.5	6.7	7.6
Oct	9.4	13.3	15.6	13.6	9.7	11.2	13.4
Nov	14.1	12.9	23.5	31.1	13.0	18.0	22.8
Dic	38.4	23.6	31.5	44.9	23.5	33.8	24.8

* caudales naturales en la estación Camatani

CAUDALES PROMEDIO EN SAN GABAN 2005(*)



El Cuadro N°5.22 y los gráficos N°5.1 y N°5.2 muestran el Valor Agua, la compensación al Estado por el uso del Agua y los costos variables por sólidos en suspensión utilizados en la valorización de las transferencias.

CUADRO N° 5.22

COSTO VARIABLE DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AÑO 2005

SEMANA	Vigencia	Tipo de Cambio S/.US\$	Valor del Agua US\$/Mw.h	Compensación al Estado (1) US\$/Mw.h	Costo x Sólido en Susp.(2) US\$/Mw.h
1	01 - 07 enero	3,26		0,29	0,28
2	08 - 14 enero	3,26		0,29	0,31
3	15 - 21 enero	3,26		0,29	0,21
4	22 - 28 enero	3,26		0,29	0,23
5	29 - 31 enero	3,26		0,29	0,15
5	01 - 04 febrero	3,26		0,29	0,12
6	05 - 11 febrero	3,26		0,29	0,30
7	12 - 18 febrero	3,26		0,29	0,58
8	19 - 25 febrero	3,26		0,29	0,17
9	26 - 28 febrero	3,26		0,29	0,12
9	01 - 04 marzo	3,26		0,29	0,50
10	05 - 11 marzo	3,26		0,29	0,47
11	12 - 18 marzo	3,26		0,29	0,75
12	19 - 25 marzo	3,26		0,29	1,25
13	26 - 31 marzo	3,26		0,29	0,52
13	01-Abr	3,26		0,29	0,56
14	02 - 08 abril	3,26		0,29	0,74
15	09 - 15 abril	3,26		0,29	0,12
16	16 - 22 abril	3,26		0,29	0,17
17	23 - 29 abril	3,26		0,29	0,11
18	30-Abr	3,26		0,29	0,04
18	01 - 06 mayo	3,26		0,28	0,03
19	07 - 13 mayo	3,26		0,28	0,04
20	14 - 20 mayo	3,26		0,28	0,03
21	21 - 27 mayo	3,26		0,28	0,05
22	28 - 31 mayo	3,26		0,28	0,04
22	01 - 03 junio	3,25	25,57	0,29	0,05
23	04 - 10 junio	3,25	24,91	0,29	0,07
24	11 - 17 junio	3,25	26,92	0,29	0,04
25	16 - 24 junio	3,25	25,88	0,29	0,03
26	25 - 30 junio	3,25	27,51	0,29	0,03

(1) Compensación al Estado por el uso de la energía y recursos naturales provenientes de las fuentes hidráulicas y geotérmicas.

(2) Costo por Sólidos en suspensión aplicable solo a la C.H. Cañon del Pato.

COSTO VARIABLE DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AÑO 2005

SEMANA	Vigencia	Tipo de Cambio S/ US\$	Valor del Agua US\$/Mw.h	Compensación al Estado (1) US\$/Mw.h	Costo x Solid en Susp. (2) US\$/Mw.h
26	1 jul	3,26	27,51	0,29	0,03
27	2 - 8 julio	3,26	27,60	0,29	0,03
28	9 - 15 julio	3,26	25,20	0,29	0,03
29	16 - 22 julio	3,26	25,35	0,29	0,03
30	23 - 29 julio	3,26	24,76	0,29	0,04
31	30 - 31 julio	3,26	20,28	0,29	0,04
31	1 - 5 agosto	3,29	20,28	0,29	0,04
32	6 - 12 agosto	3,29	21,39	0,29	0,04
33	13 - 19 agosto	3,29	21,69	0,29	0,04
34	20 - 26 agosto	3,29	21,78	0,29	0,03
35	27 - 31 agosto	3,29	20,09	0,29	0,03
35	1 - 2 setiembre	3,35	20,09	0,30	0,03
36	3 - 9 setiembre	3,35	18,36	0,30	0,03
37	10 - 16 setiembre	3,35	16,97	0,30	0,03
38	17 - 23 setiembre	3,35	17,10	0,30	0,06
39	24 - 30 setiembre	3,35	16,33	0,30	0,06
40	1 - 7 octubre	3,38	20,43	0,28	0,11
41	8 - 14 octubre	3,38	15,48	0,28	0,11
42	15 - 21 octubre	3,38	15,01	0,28	0,05
43	22 - 28 octubre	3,38	17,37	0,28	0,09
44	29 - 31 octubre	3,38	19,69	0,28	0,04
44	1 - 4 noviembre	3,41	19,69	0,28	0,04
45	5 - 11 noviembre	3,41	19,59	0,28	0,08
46	12 - 18 noviembre	3,41	20,04	0,28	0,05
47	19 - 25 noviembre	3,41	17,65	0,28	0,04
48	26 - 30 noviembre	3,41	18,74	0,28	0,06
48	1 - 2 diciembre	3,43	18,74	0,28	0,06
49	3 - 9 diciembre	3,43	85,61	0,28	0,04
50	10 - 16 diciembre	3,43	93,13	0,28	0,12
51	17 - 23 diciembre	3,43		0,28	0,33
52	24 - 30 diciembre	3,43		0,28	0,42
53	31-Dic	3,43		0,28	0,05

(1) Compensación al Estado por el uso de la energía y recursos naturales provenientes de las fuentes hidráulicas y geotérmicas.
 (2) Costo por Sólidos en suspensión aplicable solo a la C.H. Cañon del Pato.

GRAFICO N°5.1

Costo Variable de las Centrales Hidroeléctricas del SINAC (enero - junio de 2005)

■ Compensación al Estado (1) □ Valor del Agua □ Costo x Solid en Susp. (2)

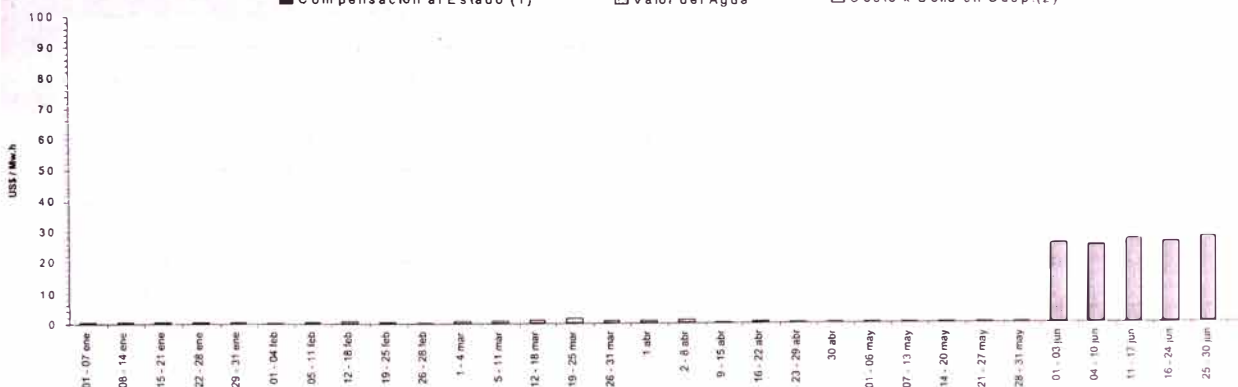
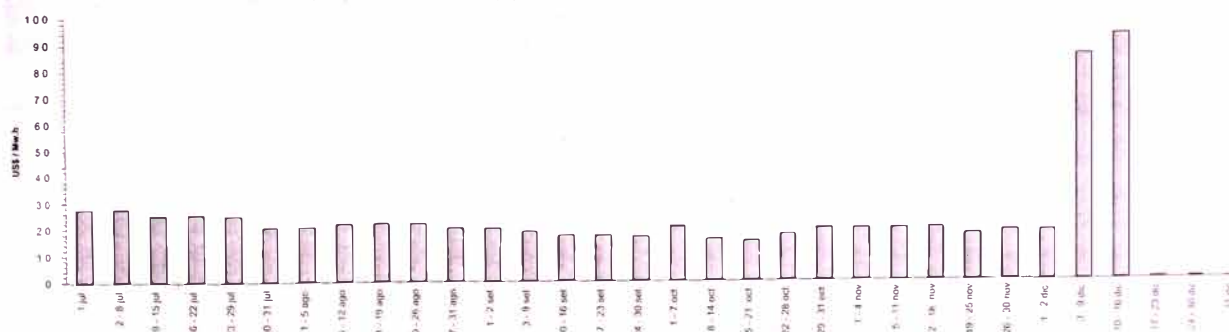


GRAFICO N°5.2

Costo Variable de las Centrales Hidroeléctricas del SINAC (julio - diciembre de 2005)

■ Compensación al Estado (1) □ Valor del Agua □ Costo x Solid en Susp. (2)



(1) Compensación al Estado por el uso de la energía y recursos naturales provenientes de las fuentes hidráulicas y geotérmicas.
 (2) Costo por Sólidos en suspensión aplicable solo a la C.H. Cañon del Pato.