

---

## **SECCIÓN III**

### **PROYECTO DE INVENTARIO**

**1 INTRODUCCIÓN**

A nivel de inventario, el desarrollo del proyecto de los elementos hidromecánicos es sumamente limitado, y aun en muchos casos ni siquiera está definido cual será el tipo de los equipos a utilizar en los diferentes lugares donde es necesario contar con los mismos. En función de lo expuesto todos estos componentes se incorporan dentro de la cuenta y los precios generales de cada una de las estructuras de la Obra Civil en la cual se encuentran, como un porcentaje del costo de la misma. De esta manera pueden aparecer previsiones de costos hidromecánicos para ciertas estructuras que luego, al avanzar en el diseño, no formaran parte del proyecto final. No obstante ello, el monto total previsto resulta representativo del costo del conjunto de componentes para toda la obra. Este criterio se ha utilizado para todo el equipamiento hidromecánico, excepto el conjunto, Turbina – Generador, que tiene un tratamiento diferenciado.

**2. ELEMENTOS HIDROMECAÑICOS GENERALES**

El presente rubro comprende los siguientes componentes hidromecánicos:

- Compuertas
- Ataguías
- Rejas
- Limpiarrejas
- Válvulas
- Grúas pórtico
- Puente grúa

Sus costos son entonces expresados como un porcentaje de la obra civil a la cual se encuentra incorporados como son: Desvío del Río, Vertedero, Toma, Central, Descargador Esclusa y Toma Adicional (riego y/o agua potable).

Constituyen un 20% del costo de la obra civil incluyendo en cada caso el monto total de las siguientes cuentas y subcuentas:

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS  
DE CONSTRUCCIÓN DE APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS**

<b>CUENTA</b>	<b>SUBCUENTA</b>
DESUDIO DEL RIO	
1.1. Desvío del río	1.1.1. Obras de Aducción 1.1.2. Canales Excavados 1.1.3. Túneles 1.1.4. Obra de Restitución 1.1.5. Preataguías y Ataguías de materiales sueltos 1.1.6. Ataguías de Escollera
VERTEDERO	
1.3. Aliviadero	1.3.1. Obra de Aducción 1.3.2. Obra Principal 1.3.3. Obra de Restitución
TOMA	
1.4. Obra de Toma	1.4.1. Obra de Aducción 1.4.2. Obra Principal
1.5. Conducción	1.5.1. Canal 1.5.2. Galería de Conducción
1.6. Cámara de Carga o Chimenea de equilibrio y Conducción Forzada	1.6.1. Cámara de Carga o Chimenea de Equilibrio 1.6.2. Conducción Forzada
CENTRAL	
1.7. Casa de Maquinas	1.7.1. Exterior 1.7.2. Subterránea 1.7.7. Arquitectura de la Central
1.8. Obra de Restitución	1.8.1. Obra Principal 1.8.2. Canal de Fuga 1.8.3. Túnel de Fuga
<b>CUENTA</b>	<b>SUBCUENTA</b>
DESCARGADOR	
1.9. Descargador de Fondo	1.9.1. Obra de Aducción

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS  
DE CONSTRUCCIÓN DE APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS**

	1.9.2. Obra Principal 1.9.3. Obra de Restitución
ESCLUSA	
3.1. Esclusa de Navegación	3.1.1. Cuenco de Esclusado 3.1.2. Canales de Aproximación
TOMA ADICIONAL	
3.2. Obra de Toma para Riego	3.2.1. Obra de Aducción 3.2.2. Obra Principal y Restitución

### **3. TURBINAS Y GENERADORES**

El precio de las Turbinas se incorpora dentro de la cuenta correspondiente al Grupo Turbina – Generador.

Se presentan cuatro fórmulas distintas para los grupos: aquellas que consideran turbinas Kaplan, Francis, Pelton y Bulbo.

Los parámetros utilizados son:

$N$  : Potencia nominal de cada unidad en MW

$H_0$  : Diferencia en metros, entre el nivel máximo normal del embalse y la cota de restitución.

#### **3.1. PELTON**

Fórmula para grupos turbina – generador con turbinas Pelton

$$\text{\$} = 12.550.590 \cdot (N^{0,885} / H_0^{0,690})$$

#### **3.2. FRANCIS**

Fórmula para grupos turbina – generador con turbinas Francis

$$\text{\$} = 1.420.000 \cdot (N^{0,785} / H_0^{0,325})$$

#### **3.3. KAPLAN**

Fórmula para grupos turbina – generador con turbinas Kaplan

$$\text{\$} = 1.840.000 \cdot (N^{0,822} / H_0^{0,416})$$

#### **3.4. BULBO**

Fórmula para grupos turbina – generador con turbinas Bulbo

$$\text{\$} = 2.000.000 \cdot (N^{0,822} / H_0^{0,416})$$

**4. TRANSFERENCIA DE PECES**

**4.1. EQUIPAMIENTO HIDROMECAÍNICO**

A nivel de Proyecto de Inventario, los equipos hidromecánicos del Sistema de Transferencia de Peces se incorporan dentro de la cuenta y los precios generales de la Central Hidroeléctrica --dado que normalmente se encuentran ubicados en esta estructura-- y se consideran ya incluidos (junto con los restantes equipos hidromecánicos) en el 20 % del costo de la obra civil de la misma.

**5. TRANSFORMADORES**

**5.1. TRANSFORMADORES PRINCIPALES**

**5.1.1. FABRICACIÓN, TRANSPORTE Y MONTAJE**

El cálculo del costo de los transformadores se obtiene de una fórmula en la cual se debe ingresar su potencia nominal, teniendo asumida una tensión secundaria determinada, obteniendo de esta forma el precio final en US\$ por unidad del mismo.

El costo de una unidad incluye la provisión, el transporte y el montaje.

$$P(TXP) = K1 N + K2$$

Donde

P(TXP)= Precio del transformador en US\$/unidad a abril 2006.

N = Potencia nominal del transformador en MVA.

K1 Constante.

K2 constante.

Desarrollo:

- Para una potencia N de  $10 < MVA \leq 50$  , se asume una tensión de 132 kV y la fórmula aplicada es:

$$P(TXP) = 11.550 N + 346.500$$

Donde

P(TXP)= Precio del transformador en US\$/unidad a abril 2006.

N = Potencia nominal del transformador en MVA.

- Para una potencia N de  $50 < MVA < 100$ , se asume una tensión de 220 kV y la fórmula aplicada es:

$$P(TXP) = 6.600 N + 792.000$$

Donde

P (TXP)= Precio del transformador en US\$/unidad a abril 2006.

N = Potencia nominal del transformador en MVA.

- Para una potencia N de  $100 < \text{MVA} < 350$ , se asume una tensión de 500 kV y la fórmula aplicada es:

$$P (\text{TXP}) = 13.200 N + 1.320.000$$

Donde

P (TXP)= Precio de fabricación del transformador en US\$/unidad a abril 2006.

N = Potencia nominal del transformador en MVA.



**6. SERVICIOS ELÉCTRICOS AUXILIARES**

**6.1. SERVICIOS ELÉCTRICOS AUXILIARES**

El costo del equipamiento para los servicios eléctricos auxiliares de la central se calcula en función de la capacidad en MW del generador.

El costo total de estos servicios se calcula en base al costo correspondiente a la suma de todas las unidades generadoras para este nivel de diseño. El costo de los generadores se calcula junto con el de las turbinas, por tal motivo se ha adoptado que el generador solo es un 60% del costo del grupo turbina – generador. y sobre ese porcentaje se recomienda adoptar el 15 % de dicho costo.

## **7. SISTEMA DE CONTROL, PROTECCIÓN, COMUNICACIÓN Y MEDICIÓN**

El costo de los equipamientos para los sistemas de control, protección, comunicación y medición se calcula en función de la capacidad en MW del generador.

El costo total de estos equipos se calcula en base al costo correspondiente a la suma de todas las unidades generadoras para este nivel de diseño el costo de los generadores se calcula junto con el de las turbinas, por tal motivo se ha adoptado que el generador solo es un 60% del costo del grupo turbina – generador y sobre ese porcentaje se recomienda adoptar el 20 % de dicho costo.

**8. PLAYA DE MANIOBRAS**

**8.1. CONVENCIONAL (AISLADA EN AIRE)**

El cálculo del costo del equipamiento de la playa de maniobra se realiza por celdas.

El costo de una unidad incluye la provisión el transporte y el montaje.

Para 132 kV y un esquema de doble barras interruptor y medio el costo es:

Celda de transformación: US\$ 1.500.000 / unidad, más el costo del transformador.

Celda de medición: US\$ 0.000 / unidad.

Celda de salida de línea: US\$ 1.500.000 /unidad

Para 220 kV y un esquema de doble barras interruptor y medio el costo es:

Celda de transformación: US\$ 2.800.000 / unidad, más el costo del transformador.

Celda de medición: US\$ 1.300.000 / unidad.

Celda de salida de línea: US\$ 2.800.000 /unidad

Para 500 kV y un esquema de doble barras interruptor y medio el costo es:

Celda de transformación: US\$ 5.000.000 / unidad, más el costo del transformador.

Celda de medición: US\$ 2.500.000 / unidad.

Celda de salida de línea: US\$ 5.000.000 / unidad

**8.2. AISLADA EN SF6**

El cálculo del costo de la playa de maniobra aislada en SF6 se realiza por celdas.

El costo de la unidad incluye todo el equipamiento (interruptor, seccionadores, barras colectoras, instrumentos, transformadores de medición y cables), el transporte, la obra civil asociada y el montaje correspondiente.

Para 132 kV y un esquema de doble barras interruptor y medio el costo es:

## MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS

---

Celda de transformación: US\$ 4.500.000 / unidad mas el costo del transformador.

Celda de medición: US\$ 2.100.000 / unidad.

Celda de salida de línea: US\$ 4.500.000 / unidad

Para 220 kV y un esquema de doble barras interruptor y medio el costo es:

Celda de transformación: US\$ 8.400.000 / unidad mas el costo del transformador.

Celda de medición: US\$ 3.900.000 / unidad.

Celda de salida de línea: US\$ 8.400.000 / unidad

Para 500 kV y un esquema de doble barras interruptor y medio el costo es:

Celda de transformación: US\$ 15.000.000 / unidad mas el costo del transformador.

Celda de medición: US\$ 7.500.000 / unidad.

Celda de salida de línea: US\$15.000.000 / unidad

## **9. CONDUCCIÓN FORZADA**

### **a. Descripción**

El presente rubro se refiere al cálculo del costo correspondiente a la tubería forzada, también denominada tubería de presión, fabricada en acero, desde su inicio en la chimenea de equilibrio hasta la brida de la válvula de acceso a las turbinas en la central.

### **b. Nomenclatura**

Se establecieron fórmulas matemáticas en función de los siguientes parámetros:

$H$  = Carga hidráulica en cada tramo en m.

$D$  = Diámetro de la conducción en m

$L$  = Longitud de la conducción en m

$\gamma$  = Peso específico del agua.

$\sigma$  = Tensión admisible para el acero seleccionado en  $\text{Kg/cm}^2$

$\gamma_{ac}$  = Peso específico del acero.

$e$  = Espesor de la chapa de acero

$W$  = Peso de la tubería por metro lineal.

Los elementos que integran la conducción forzada contemplan para cada uno de ellos la discriminación de sus costos en:

- Fabricación
- Transporte
- Montaje

### **c. Medición**

La medición se realiza por unidad de longitud (m).

En el Plan de Cuentas se ha previsto la posibilidad de ingresar tres tramos de conducto de diferente diámetro y longitud denominados Tramo I, Tramo II y Tramo III.

En este nivel de proyecto no se discriminan las piezas especiales.

## **9.1 TUBERÍA DE ACERO**

La estimación del peso se efectúa de acuerdo al siguiente procedimiento:

$$e = \gamma \frac{H \cdot D}{2 \sigma}$$

$$W = k_p \cdot \gamma_{ac} \cdot e \cdot \pi \cdot D$$

Donde  $K_p$  es un coeficiente que tiene en cuenta el incremento de peso debido a la necesidad de anillos de refuerzo.

Si	$e/D < 0,004$	$k_p = 1,05$
Si	$e/D > 0,004$	$k_p = 1,00$

La tensión admisible depende del tipo de acero seleccionado.

Para proceder al costeo de las tuberías se adoptó como criterio separar el diseño de las mismas en función del rango de HD en  $m^2$ , o sea el producto de la altura de presión en m, por el Diámetro de la misma también en m.

Este producto ha evolucionado desde el año 1970 en forma pronunciada y permite de manera general adoptar una correspondencia entre cuatro tipos de acero y el rango de HD correspondiente:

Entre 0 y 1.000 $m^2$ se adopta el acero con tensión admisible de	1.200
kg/cm <sup>2</sup>	
Entre 1.000 y 3.000 $m^2$ se toma el acero con sigma	1.800
kg/cm <sup>2</sup>	
Entre 3.000 y 6.000 $m^2$ se toma el acero con sigma	2.400
kg/cm <sup>2</sup>	
Entre 6.000 y 10.000 $m^2$ se toma el acero con sigma	3.000
kg/cm <sup>2</sup>	

Asociados a estos aceros se calcularán los respectivos espesores, pesos y costos de provisión, transporte y los distintos ítems de la fabricación in situ de la tubería.

**9.1.1. FABRICACIÓN**

Costo por unidad de medida:

$$\$ = [C_0 W K_r + (C_r \sum C_{g1} + \pi C_{gp}) D] K$$

Donde  $K_r$  y  $C_r$  son coeficientes de rango que toman los siguientes valores:

Rango	1200	1800	2400	3000
$K_r$	1	1,1	1,2	1,3
$C_r$	3	6	9	12

y los coeficientes generales son en US\$/m:

$C_0$  = Costo unitario chapa de acero (Código 49 planilla de materiales)

$C_{g1}$  = 50 (Corte y Perfilado)

$C_{g2}$  = 50 (Rolado)

$C_{g3}$  = 150 (Soldadura)

$C_{gp}$  = 100 (Pintura)

$k$  = coeficiente de subcontrato = 1,45

**9.1.2. TRANSPORTE**

Transporte terrestre sin considerar origen y destino para una distancia media de 300 km por unidad de medida.

$$\$ = 100 W k$$

[W] = toneladas

**9.1.3. MONTAJE**

$$\$ = 250 W k \text{ (por unidad de medida)}$$

[W] = toneladas.