

Universidad Nacional de Ingeniería
Programa Académico de Ingeniería
Eléctrica y Electrónica



**DISEÑO DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA
DEL GERA**

T E S I S

**Para optar el título Profesional de
Ingeniero Eléctricista**

Jorge Orlando Pachas Sojos

Promoción 1979 - 1

Lima - Perú

1985

I N D I C E

	INTRODUCCION	1
CAPITULO I	ESTUDIO DEL MERCADO ELECTRICO	
	1.1 Descripción de la zona	2
	1.2 Estudio de la Demanda	2
	1.2.1. Demanda Residencial	5
	1.2.2. Demanda Comercial	8
	1.2.3. Demanda de Alumbrado Público	10
	1.2.4. Demanda Industrial	13
	1.2.5. Demanda de Cargas Especiales	14
	1.3 Proyección de la Demanda de Energía	18
CAPITULO II	DISEÑO DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA	
	2.1. Potencia y Energía Disponible	26
	2.1.1. Determinación del Caudal	26
	2.2 Obras Civiles	26
	2.2.1 Descripción de la arquitectura de las Obras Civiles	27
	2.2.1.1. Captación y Reservorio de Regulación	27
	2.2.1.2 Canal de Aducción	28
	2.2.1.3 Desarenador	28
	2.2.1.4 Cámara de Carga	29
	2.3 Cálculo de la Tubería de Presión	30
	2.4 Cálculo del Golpe de Ariete	37
	2.5 Selección de Turbina	40
	2.6 Selección de Generadores	43
	2.7 Selección de Transformadores	44
	2.8 Cálculo del Cable de Alimentación	45
CAPITULO III	ESPECIFICACIONES TECNICAS	
	3.1.0. Especificaciones Técnicas de Equipo Electromecánico	47
	3.1.1 Turbina	47

	3.1.2 Alternador	48
	3.1.3 Transformador	49
	3.1.4 Tablero de Comando y Control	50
	3.1.5 Sistema de Medición	50
	3.1.6 Sistema de Protección	53
	3.1.7 Equipo Maniobra	57
	3.1.8 Sistema de Sincronización	58
	3.1.9 Sistema de Puesta a tierra	59
	3.1.10 Tubería de Presión	61
CAPITULO IV	METRADO Y PRESUPUESTO	
	A- Obras Civiles	62
	B- Equipo Mecánico	
	C- Equipo Hidromecánico	
	D- Equipo Eléctrico	
ANEXOS	Análisis Económico	63
	Programas de Mantenimiento Preventivo	75
	Conclusiones y Recomendaciones	77
	Bibliografía	78
	Relación de Planos	79

I N T R O D U C C I O N

El presente Proyecto tiene por finalidad incrementar el desarrollo económico e impulsar las pequeñas y medianas industrias, así como el potencial forestal y agropecuario de la región.

Así mismo impulsar el crecimiento poblacional de las ciudades de Moyobamba y Rioja y otros centros poblados de las provincias de Rioja y Moyobamba del Departamento de San Martín, originan un aumento de la demanda de energía eléctrica en la zona, que por la imposibilidad de cubrirse con la capacidad instalada existentes, limitan decisivamente las posibilidades del desarrollo regional y del acceso de la población a más altos niveles de confort.

Esta necesidad perentoria de energía para la zona, ha sido contemplada por la Dirección Ejecutiva del Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo, encargada de implementar el Proyecto de Desarrollo Integral del Huallaga. Dentro de este contexto se encargó la ejecución del Estudio de factibilidad de la Central Hidroeléctrica Gera, susceptible de prestar solución a las deficiencias de energía mencionadas.

CAPITULO I

ESTUDIO DEL MERCADO ELECTRICO

1.1 DESCRIPCION DE LA ZONA

El área del proyecto de la Central Hidroeléctrica Gera, corresponde políticamente a la provincia de Lamas, en el departamento de San Martín, ubicado geográficamente en las coordenadas siguientes:

Longitud 76°50' a 77°10' Oeste

Latitud 6°00' a 6°10' Sur

El esquema de aprovechamiento se desarrolla en la margen derecha del río Gera, unos 3 km. antes de la confluencia de éste, con el río Mayo.

La altitud varía entre las cotas 1025 m.s.n.m. y 545 m.s.n.m., correspondiente a el nivel superior de las aguas en la toma y la restitución del agua turbinada al río Gera.

La zona comprendida en la cuenca hidrológica del río Gera, está conformada por terrenos medianamente accidentados, cubiertos casi en su totalidad por bosques naturales, tipo "Ceja de Selva", la pendiente del río es bastante fuerte, siendo digno de anotar una zona de cataratas inmediatamente aguas arriba del emplazamiento recomendado para la casa de máquina.

1.2 ESTUDIO DE LA DEMANDA

El estudio de la Demanda se ha analizado a partir de los requerimientos del área de influencia del proyecto de la Central Hidroeléctrica Gera.

El sistema Gera está constituido por 15 Centros poblados que estarían interconectados a corto o mediano plazo cuyo centro de generación está constituido por la Central Gera.

Esta área está comprendida en la microregión Alto Mayo cuya área se estima en 840 Has., con una población de 72,885 habitantes en 1981.

De esta área se han seleccionado los centros poblados que delimitan el área de influencia con una población total de 41,354 habitantes (56.7% del Alto Mayo) y 7,529 viviendas en 1981.

Los criterios para incluirlos han sido los siguientes:

- a)- Población actual mayor a 300 habitantes.
- b)- Localización del Centro poblado a una distancia a la vía principal o línea de tensión principal menor a 20 Km.
- c)- Niveles de Tensión requeridos para alimentar a las localidades menores a 66 KV.

Las principales ciudades ubicadas en el área de influencia son: Moyobamba, Rioja, Soritor, Nuevo Cajamarca y Yuracyacú.

La estimación de la Demanda la analizaremos para un período de 20 años, ya que para periodos mayores aumenta la incertidumbre.

El Proyecto se va a realizar en las siguientes etapas:

Etapa de Estudio

Etapa de Construcción

Puesta en marcha

Para decidir el equipamiento de la Central Hidroeléctrica Gera tenemos que evaluar las siguientes cargas:

Demanda Residencial

Demanda Comercial

Demanda de Alumbrado Público

Demanda Industrial

Demanda de Cargas Especiales.

LOCALIDAD	CATEGORIA	POBLAC. 1981	VIV. 1981	TIPO DE SERVICIO Y ACCESIBILIDAD	DIST. KM. A LA VIA PRIN. Km.
Moyobamba	Capital Departamento	13,969	2,437	Térmico vía afirmada	1.0
Rioja	Capital Pronvincia	9,635	1,800	Térmico vía afirmada	-
Soritor	Capital Distrito	4,746	760	Térmico vía sin afirmar	10.5
Nuevo Cajamarca	Pueblo	2,129	443	Térmico vía afirmada	-
Yuracyacu	Capital Distrito	2,114	405	Térmico vía sin afirmar	10.0
Calzada	Capital Distrito	1,837	335	Térmico vía sin afirmar	2.0
Jepelacio	Capital Distrito	1,394	300	Térmico vía sin afirmar	12.0
Segunda Jerusalem	Caserío	1,090	243	Térmico vía sin afirmar	-
Habana	Capital Distrito	1,061	162	Térmico vía sin afirmar	6.0
Yantaló	Capital Distrito	877	180	Térmico vía sin afirmar	7.0
Yorongos	Capital Distrito	839	147	Térmico vía sin afirmar	8.0
Posic	Capital Distrito	515	77	Sin serv. vía sin afirmar	6.0
Tambo	Caserío	458	93	Sin serv. vía sin afirmar	4.0
Tahuantinsuyo	Caserío	360	67	Sin serv. vía sin afirmar	4.0
Shucshuyacu	Caserío	330	80	Sin serv. vía sin afirmar	12.0
T O T A L:		41,354	7,529		

FUENTE: Censo Nacional de Población y Vivienda 1981; Elaboración: C.R.C, COPA

1.2.1 Demanda Residencial

La Demanda Residencial por electricidad se proyecta por el consumo medio de electricidad por consumidor conectado y - por la proporción de vivienda total es conectada al sistema (número de abonados).

La electricidad es un insumo que permite la obtención de un flujo de servicios por medio de aparatos eléctricos.

En el largo plazo, la cantidad de aparatos puede variar y la elección por el consumidor de la energía para un propósito particular dependerá de los precios y eficiencias de los diferentes aparatos y de los precios de las diferentes energías que éstos utilizan.

Así se pronostica el consumo futuro de KWh por consumidor sin una variable de precio, pero que estima la influencia del aumento del ingreso y las aspiraciones.

Para el presente estudio se ha considerado el Cuadro N°1.1 donde se encuentra la relación de centros poblados, la población y número de viviendas en 1981, servicio eléctrico actual, accesibilidad y distancia a la futura central y vía principal.

En el Cuadro N°1.2 se muestra la evolución histórica 1966-1981 del consumo de energía eléctrica por categorías y el número de abonados por año en la ciudad de Moyobamba.

<u>AÑOS</u>	<u>POBLACION TOTAL</u>	<u>NUMERO VIVIEN.</u>	<u>COEFIC. ELECT.</u>	<u>ABONADO RESIDENCIAL</u>	<u>FACT. CARGA</u>
1966	8,735	1,747	0.34	607	0.20
1967	8,906	1,781	0.34	609	0.19
1968	9,112	1,825	0.31	569	0.21
1969	9,323	1,864	0.33	632	0.23
1970	9,570	1,914	0.37	711	0.19
1971	9,841	1,968	0.30	596	0.20
1972	10,138	2,027	0.31	631	0.22
1973	10,461	2,092	0.30	458	0.24
1974	10,809	2,161	0.33	507	0.19
1975	11,182	2,236	0.35	569	0.19

1976	11,580	2,316	0.36	630	0.23
1977	12,064	2,400	0.43	798	0.28
1978	12,452	2,490	0.45	886	0.29
1979	12,927	2,585	0.51	1,026	0.32
1980	13,426	2,625	0.57	1,134	0.36
1981	13,951	2,790	0.59	1,236	0.34

CUADRO N°1.2

Como se puede apreciar en el Cuadro N°1.2 se observa que mientras la población creció al 3.2% anual en el período - el número de abonados se incrementó a una tasa del 6.9%.

El coeficiente de electrificación considerando sólo abonados residenciales al 44%. La tasa de crecimiento del número de abonados es alta, comparada con el crecimiento de la población debido a que el coeficiente de electrificación - en 1966 se encontraba muy bajo; obsérvese también que el - factor de carga también se ha incrementado de 0.20 en 1966 a 0.34 en 1981 indicándonos en una mayor cantidad de horas pico en el año.

En el siguiente cuadro se muestra la energía unitaria de - localidades mayores, en este caso la ciudad de Moyobamba.

AÑOS	TOTAL FACTOR TOTAL ABONAD.	ENERGIA FACTURADA POR ABONAD. RESIDEN.	ENERG. FACTURADA POR ABONADO ALUMBR. PUBLICO	ENERGIA	
				A. PUBLICO RESIDENCIAL	ENERGIA
1966	120	66	32,838	0.8196	
1967	124	65	35,566	0.8867	
1968	65	65	0	0.0000	
1969	146	93	33,960	0.5749	
1970	111	69	30,525	0.6206	
1971	248	196	31,210	0.2667	
1972	337	151	117,580	1.2270	
1973	385	132	134,088	2.2179	
1974	347	160	103,160	1.2693	
1975	335	163	94,900	1.0230	
1976	448	202	144,000	1.1311	
1977	467	283	120,000	0.5310	
1978	600	213	120,000	0.4322	
1979	854	486	290,160	0.5818	
1980	891	500	316,800	0.5584	
1981	1,060	637	345,600	0.4516	

CUADRO N°1.3

En el cuadro anterior se puede apreciar que la energía total unitaria por abonado sube de 120 KWh - año hasta 1060 KW-h-AÑO es decir desde 330 Watt-h/día hasta 2,904 Watt-h/día.

La energía unitaria residencial creció al 16.3% habiendo crecido el consumo unitario de 180 KWh/día en 1966 a 1,745 KW-h/día en 1981.

1.2.2 Demanda Comercial

El estudio de Demanda Comercial se refiere al consumo de energía de los diferentes establecimientos disímiles, tales como edificios de oficinas, centros comerciales, hoteles, colegios, etc.

Existen grandes variaciones en cuanto al tamaño y operación del sistema eléctrico en cada una de las clases definidas. La insuficiencia de datos no permite un pronóstico desagregado y la escasa evidencia de los estudios de series de tiempo sugiere, que el consumo comercial es inelástico al precio, pero varía con el nivel de la actividad comercial y con el tiempo.

El consumo comercial el cual tiene incluido el consumo de usos generales en el presente estudio, está relacionado con la demanda residencial tanto en cuanto al consumo unitario como en el número de abonados. Observando las relaciones, abonados residencial sobre abonados comercial más usos generales sobre consumo unitario residencial históricos, tanto de las localidades mayores como de las menores se han podido establecer los parámetros correspondientes que luego han servido para la proyección.

Cuadros Históricos Localidades mayores

Localidad de: Moyobamba

AÑOS	POBLACION TOTAL	NUMERO VIVIENDA	COEFICIENTE ELECTRICO	NUMERO ABONADO COMERCIAL	FACTOR CARGA	ENERGIA FACTURADA Kwh.
1966	8,735	1,747	0.34	0	0.20	0
1967	8,906	1,781	0.34	0	0.19	0
1968	9,112	1,820	0.31	0	0.21	0
1969	9,323	1,864	0.33	0	0.23	0
1970	9,570	1,914	0.37	0	0.19	0
1971	9,841	1,968	0.30	0	0.20	0
1972	10,138	2,027	0.31	0	0.20	0
1973	10,461	2,092	0.30	185	0.20	53,772
1974	10,809	2,161	0.33	209	0.19	54,557
1975	11,182	2,236	0.35	227	0.14	80,040
1976	11,580	2,316	0.36	203	0.23	93,850
1977	12,064	2,400	0.43	209	0.20	107,266
1978	12,452	2,490	0.45	222	0.29	244,255
1979	12,927	2,585	0.51	264	0.32	220,179
1980	13,426	2,625	0.57	302	0.36	285,701
1981	13,951	2,790	0.59	382	0.34	397,832

CUADRO N°1.4

Energía Unitaria de Localidades mayores.

Localidad de: Moyobamba

AÑOS	<u>TOTAL FACTURACION</u> TOTAL ABONADO	ENERGIA FACTURADA POR ABONADO COMERCIAL
1966	120	0
1967	124	0
1968	65	0
1969	146	0
1970	111	0
1971	248	0
1972	337	0
1973	385	290
1974	347	308
1975	335	352
1976	448	462
1977	467	513
1978	600	1,100
1979	854	974
1980	897	915
1981	1,060	1,041

Cuadro N°1.5

Se aprecia que la energía unitaria comercial ha crecido a una tasa del 22.9% en el período 1973 - 1981 y el consumo unitario por día de 795 W-h/día a 2,950 W-h/día

1.2.3 Demanda De Alumbrado Público

El consumo de alumbrado público representa una proporción importante del consumo neto total y está relacionado con el incremento del número de viviendas y población correspondiente por lo que para localidades mayores se observó la tendencia histórica entre el consumo de alumbrado público y el consumo residencial lo cual luego sirvió para

proyectar este sector. Como se puede apreciar en el cuadro 1.3 en el año 1966 el número de abonado Residencial era de 607 y la relación de consumo de alumbrado público sobre el residencial es alto 0.8196, pero se hace más crítico todavía en el año 1973 que es de 2.2179, para empezar a mejorar dicha relación, llegando el año 1981 a 0.4516 y elevando el número de abonado residencial a 1.236 para la localidad mayor, en este caso la ciudad de Moyobamba que a la vez es la más importante del sistema en estudio.

El alumbrado Público representa el 20% del total de la energía, con un consumo de 345,600 KW-h/año.

Se puede apreciar también la tendencia a disminuir la relación entre consumo de alumbrado público sobre el consumo residencial al 30%, considerando el aumento de densidad poblacional y el incremento de la energía residencial total y unitario.

Los diagramas de cargas actuales se han determinado comparando los diagramas de cargas de cada localidad.

Las localidades que tienen servicio de Electroperú cuenta con esta información, no siendo siempre así para las localidades que tienen servicio de otra procedencia, por lo cual se ha confeccionado un diagrama de carga para estas localidades por comparación con otra que cuenta con servicio similar, por lo que se presenta el diagrama de carga para la ciudad de Moyobamba y Rioja, que son las más importantes y estimado del Sistema Gera Actual.

SISTEMA GERA: Evolución de la Potencia Instalada, Generación y máxima demanda de los servicios Públicos de Electroperú.

AÑOS	POTENCIA INST. KW.	MAXIMA DEMANDA 1/KW	ENERGIA GENERAD. KW
1975	581	335	492,500
1976	1,471	397	701,780
1977	1,595	500	908,200
1978	1,595	535	1'301,300
1979	1,872	599	1'695,800
1980	1,985	779	2'342,300

Fuente: Dpto. de Estadística de Electroperú y Ministerio de Energía y Minas.

Nota: 1/Máxima demanda calculada con factor de simultaneidad de 0.90.

CUADRO N°1.6

SISTEMA GERA: Potencia Instalada y Efectiva, máxima demanda de los Servicios Públicos 1980.

LOCALIDAD	POT. INST. KW.	POT.EFECTI. 1/KW	MAXIMA DEMANDA KW
Moyobamba	1,180	966	540
Rioja	610	510	238
Jepelacio	50	40	18
Calzada	50	45	26
Soritor	90	81	46
Yantaló	21	18	13
Nvo.Cajam.	90	81	40
Nvo.Nazar.	30	27	11
Habana	27	25	8
Yorongos	27	25	7
Yuracyacu	60	48	36
TOTAL	2,235	1,866	885

CUADRO N°1.7

AÑOS	POTENCIA INST. KW.	MAXIMA DEMANDA 1/KW	ENERGIA GENERAD. KW
1975	581	335	492,500
1976	1,471	397	701,780
1977	1,595	500	908,200
1978	1,595	535	1'301,300
1979	1,872	599	1'695,800
1980	1,985	779	2'342,300

Fuente: Dpto. de Estadística de Electroperú y Ministerio de Energía y Minas.

Nota: 1/Máxima demanda calculada con factor de simultaneidad de 0.90.

CUADRO N°1.6

SISTEMA GERA: Potencia Instalada y Efectiva, máxima demanda de los Servicios Públicos 1980.

LOCALIDAD	POT. INST. KW.	POT.EFECTI. 1/KW	MAXIMA DEMANDA KW
Moyobamba	1,180	966	540
Rioja	610	510	238
Jepelacio	50	40	18
Calzada	50	45	26
Soritor	90	81	46
Yantaló	21	18	13
Nvo.Cajam.	90	81	40
Nvo.Nazar.	30	27	11
Habana	27	25	8
Yorongos	27	25	7
Yuracyacu	60	48	36
TOTAL	2,235	1,866	885

CUADRO N°1.7

NOTA:

1. La potencia efectiva ha sido calculada con un factor de corrección de 0.8 - 0.95.
2. Máxima demanda estimada
3. Calculada con un factor de simultaneidad de 0.9

1.2.4 Demanda Industrial

Pronosticar la Demanda Industrial como un insumo separado implica que las industrias tienen una función específica de demanda por electricidad. Cualquier análisis de demanda por un energético particular debe ser realizado dentro del contexto del mercado energético global, puesto que el insumo en las funciones de producción de las industrias es energía.

Por lo tanto solo queda el crecimiento de la producción como el obtenimiento principal, que se ha realizado de la siguiente manera:

Determinando la producción futura de cada industria.

- Proyectando las relaciones energía eléctrica producción (Demanda de KW-h por unidad de valor de producción).

En el presente estudio se tiene que diferenciar la demanda de las industrias menores, de las Industrias mayores; la primera se calculo en base a la tendencia histórica reciente y otros estudios principalmente el estudio de Mercado de energía eléctrica realizado recientemente por la Consultora Montreal Engineerin (Overseas) Limited para el Ministerio de Energía y Minas; se consideró que en localidades menores sería del 5% de la suma de los consumos residencial, comercial y alumbrado público (Consumo de servicio) y para las localidades mayores entre el 5% y el 10% del consumo de servicios.

Las Industrias mayores se consideraron como cargas especiales cuando la potencia instalada fué mayor a 20 KW., y se proyectó en base a su máxima demanda actual y planes de expansión futuros.

1.2.5 Demanda de Cargas Especiales

Se consideró cargas especiales aquellas cuya potencia - instalada es mayor a 20 KW, para determinarlas se encues-
tó a los principales autoproductores para determinar po-
sibles sustituciones por conexión a la red, carga de in-
dustria mayores servicios públicos y servicios privados
importantes.

En el siguiente cuadro N°1.8 mostraremos los principa--
les autoproductores de Energía Eléctrica.

En el siguiente cuadro N°1.9 mostraremos las cargas es-
peciales Actuales.

NOMBRE	ACTIVIDAD	PROVINCIA	TIPO	GRUP. DE GENERACION			FACTOR DE ENERG.		PROY. DE AMP.
				Pot.Inst. KW.	Pot.Efe. KW.	MAX.DEM. KW.	CARGA ANUAL Fc.	ANUAL KW/h.	
1. MOYOBAMBA									
Cine Moy.	Cine	Moyobamba	D	14	13	10	0.3	26,300	-
Inst.Tec.	Cntr.		H						
Lib.San	Educ.	Moyobamba	S	11	10	8	0.3	1,800	-
Martín			L						
Corpac	Aerop.	Moyobamba		30	27	20	0.2	35,000	-
TOTAL MOYOBAMBA;				55	50	38	-	63,100	-
2. RIOJA									
Hos.Rioja	Serv. Pub.	Rioja	D	63	56	40	0.30	105,000	-
Desmonta	Desm.		H						
dora Sta.	Algod.	Rioja	S	54	48	40	0.30	105,000	-
Cruz			L						
Corpac	Aerop.	Rioja		45	40	20	0.20	35,000	-
TOTAL RIOJA:				162	144	100	-	245,000	-
TOTAL GERA:				217	194	138	-	308,100	-

CUADRO N° 1.8

NOMBRE	ACTIVIDAD	DISTRITO	PROVINCIA	CARAC. DE CARGA			Factor de Carga fc	ENERGIA ANUAL Kw.	PROYEC. AMPLIAC.
				P. Ins. Kw	P. Efect. Dem. Kw	Máxima Dem. Kw			
1. Moyobamba									
Lad. Simon	Ladrillera	Moyobamba	Moyobamba	25	22	16	0.30	42,000	
Coop. Tupac									
Amarú	Pil. Arroz	Moyobamba	Moyobamba	110	100	75	0.30	197,000	
			TOTAL	135	122	91		239,000	
2. Rioja									
F. Olivares									
Celi	Aserradero	Rioja	Rioja	26.8	24	18	0.30	47,000	
Santos Ur-									
quino	Ladrillera	Rioja	Rioja	44.7	40	30	0.30	79,000	
Ladrillera									
Pacuicha	Ladrillera	Rioja	Rioja	26.1	23	17	0.30	45,000	
Alfonso									
Iglesias	Ladrillera	Rioja	Rioja	100.0	90	65	0.30	171,000	
Molino Chi									
ra	Pil. Arroz	Rioja	Rioja	30.0	45	33	0.40	116,000	
Molino Va									
lencia	Pil. Arroz	Rioja	Rioja	100.0	90	65	0.35	259,000	
Molino Sou									
za P.	Pil. Arroz	Rioja	Rioja	50	45	33	0.40	116,000	
			TOTAL	397.6	356	261		713,000	
3. Yuracyacu									
Vera	Aserradero	Yuracyacu	Rioja	65	58	40	0.30	152,000	
Rodriguez	Aserradero	Yuracyacu	Rioja	79.8	72	40	0.20	70,000	
Beira e Ili									
Jos	Aserradero	Yuracyacu	Rioja	72.3	65	50	0.30	101,000	
-Lizaro H.	Aserradero			35.8	32	24	0.30	60,000	
Cruz de									
Chalpón	Pil. Arroz	Yuracyacu	Rioja	65.0	60	45	0.40	118,000	

..../ C.Tahuan tinsuyo	Pil.Arroz	Yuracyacu	Rioja TOTAL	100 417.9	90 377	<u>65</u> 264	0.40	228,000 602,000
4. Nvo.Caja. Molino San Juan	Pil.Arroz	N.Cajamar.	Rioja	50	45	33	0.40	106,000
Mol.La Sel va	Pil.Arroz	N.Cajamar.	Rioja TOTAL	300 350	270 315	200 233	0.40	701,000 817,000
5. Yorongos Diaz Hidal.Aserradero Pezadas	Yorongos	Yorongos	Rioja	78.2	58	43	0.30	113,000
Bazan	Aserradero	Yorongos	Rioja TOTAL	55.9 134.1	50 108	45 88	0.45	177,000 290,000
6. Calzada Rojas Diaz Ladrillera Molino Cal zada	Calzada	Calzada	Moyobamba Moyobamba TOTAL	75 65 140	65 60 125	30 45 75	0.30 0.40	79,000 118,000 297,000
7. Soritor Mejía Al- ban	Aserradero	Soritor	Moyobamba	73.8	66	45	0.30	118,000

FUENTE: Encuesta Directa y Registros Industriales del Ministerio de Industria Turismo e Integración Di
rección Regional: El Mayo.

Se ha realizado una estimación de la máxima demanda y energía anual requerida por cada carga en base a la información sobre producción de cada carga.

La potencia instalada actual de cargas especiales es de 1648.4 KW y la máxima demanda es de 824, KW, si ha estas cargas especiales le adicionamos las demandas de los autoprodutores del Sistema tendríamos que la potencia total instalada de las cargas es de 1865.4 KW y la máxima demanda es de 962 KW.

1.3 PROYECCION DE LA DEMANDA DE ENERGIA

Podemos ver en los siguientes gráficos, los diagramas de Cargas de la ciudad de Moyobamba y de la ciudad de Rioja.

También se aprecia en el gráfico el Diagrama de carga del sistema Gera y su proyección.

En el Cuadro N° 1.10, se aprecia la proyección de demanda de Servicios de la localidad de Mayores.

Localidad: Moyobamba

Cuadro N°1-11

Cuadro de Proyecciones de Localidades Menores

Localidad: Rioja

Sistema Gera

AÑOS	POBLAC.	N° FAMILIA	COEF. ELECT.	ENERG.		ENERGIA		ENERGIA DISTRIBUIDA	MAXIMA DEMANDA
				TOTAL	PERDIDA	PERDIDA	PERDIDA		
1982	14,501	2,736	0.45	1,663	182,781	182,781	1,401,314	545	
1983	15,076	2,844	0.46	1,778	202,655	202,655	1,553,693	591	
1984	15,677	2,957	0.48	1,896	223,791	223,791	1,715,733	638	
1985	16,303	3,076	0.53	2,177	277,142	277,142	2,124,758	773	
1986	16,954	3,198	0.58	2,477	338,217	338,217	2,593,001	920	
1987	17,631	3,326	0.60	2,670	379,610	379,610	2,910,348	1,011	
1988	18,332	3,458	0.62	2,873	425,054	425,054	3,258,747	1,109	
1989	19,060	3,596	0.64	3,088	475,255	475,255	3,643,627	1,215	
1990	19,618	3,736	0.66	3,315	530,182	530,182	4,064,729	1,329	
1991	20,601	3,800	0.69	3,553	590,166	590,166	4,524,611	1,451	
1992	21,193	4,000	0.70	3,805	656,059	656,059	5,020,793	1,583	
1993	22,221	4,192	0.72	4,070	727,792	727,792	5,579,743	1,719	
1994	23,075	4,353	0.74	4,348	806,034	806,034	6,179,598	1,869	
1995	23,955	4,519	0.76	4,641	891,242	891,242	6,832,857	2,030	
1996	24,654	4,600	0.79	4,948	983,992	983,992	7,543,177	2,202	

CUADRO N° 1.10

AÑOS	POBLACION TOTAL	NUMERO FAMILIA	COEF. ELEC.	ENERG. FACT. TOTAL	ENERGIA PERD. Kwh.	ENERGIA DISTRIB. Kwh.	MAXIMA KW DEMANDA
1982	10,132	2,476	0.30	655,660	115,704	771,365	308
1983	10,670	2,621	0.31	729,097	128,664	857,761	337
1984	11,233	2,759	0.32	809,376	142,831	952,210	368
1985	11,819	2,903	0.33	896,760	158,251	1'055,012	401
1986	12,429	3,053	0.40	1'216,374	214,654	1'431,028	535
1987	13,063	3,209	0.47	1'585,561	279,805	1'865,366	686
1988	13,721	3,371	0.484	1'749,867	308,800	2'058,668	748
1989	14,403	3,538	0.499	1'932,499	341,029	2'273,528	813
1990	15,108	3,712	0.513	2'124,636	374,935	2'499,572	880
1991	15,838	3,891	0.528	2'337,495	412,499	2'749,994	954
1992	16,592	4,076	0.542	2'560,946	451,931	3'012,878	1,032
1993	17,370	4,267	0.557	2'807,329	495,411	3'302,740	1,115
1994	18,171	4,464	0.571	3'065,006	540,883	3'603,889	1,200
1995	18,997	4,667	0.586	3'348,347	590,884	3'939,232	1,292
1996	19,816	4,876	0.600	3'643,880	643,037	4'286,918	1,264

CUADRO N° 1-11

En el cuadro anterior hemos hecho la proyección de la máxima Demanda de las localidades menores siendo la más importante, la ciudad de Rioja.

En el Cuadro N°1-12 haremos la proyección de la máxima Demanda neta total del Sistema Gera.

SISTEMA GERA : PROYECCION DE LA MAXIMA DEMANDA NETA TOTAL (KW)

LOCALIDADES	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Moyobamba .	613	662	713	852	1,002	1,098	1,200	1,310	1,429	1,556	1,694	1,835	1,991	2,158	2,336
Rioja	498	536	577	621	1,566	1,728	1,802	1,880	1,960	2,048	2,140	2,240	2,341	2,450	2,440
Yuracyacu	172	183	193	204	225	247	263	279	296	314	333	353	375	398	421
Nuevo Cajamarca	149	157	166	174	193	212	224	237	250	265	280	295	312	330	346
Yorongos	60	63	66	69	75	81	85	88	93	97	101	105	110	115	121
Calzada	83	90	95	102	108	117	124	133	136	142	148	154	160	165	173
Soritor	96	101	105	110	133	158	165	172	180	188	196	204	212	221	232
Otras Localidades	77	80	86	90	116	142	152	160	170	180	191	200	209	221	232
T O T A L	1,748	1,872	2,001	2,222	3,418	3,783	4,015	4,319	4,514	4,790	5,083	5,386	5,710	6,058	6,301

Elaboración: CRC-COPIA

En este Cuadro se han empleado los siguientes factores de simultaneidad:

TIPO DE CARGA	F.S.
Moyobamba y Rioja	1.0
Pequeños Centros	0.9
Cargas Especiales	0.5
Fabrica de Cemento	1.0

En donde la Máxima Demanda de potencia así calculada es de 1,748 KW en 1982 hasta 6,301 KW en 1996, la tasa de crecimiento es del 8.9%

En el cuadro siguiente se mostrará la Proyección de Requerimientos Neto de Energía (GWH)

SISTEMA GERA: PROYECCION DE REQUERIMIENTO NETO DE ENERGIA (GWH)

LOCALIDADES	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Moyobamba	1.82	1.99	2.18	2.60	3.09	3.44	3.82	4.22	4.67	5.16	5.70	6.29	6.92	7.61	8.36
Rioja	1.93	2.08	2.23	2.41	7.03	7.56	7.82	8.11	8.42	8.76	9.10	9.49	10.0	10.34	10.80
Yuracyacu	0.9	0.96	1.01	1.06	1.13	1.22	1.28	1.36	1.43	1.51	1.60	1.68	1.78	1.87	1.97
Nuevo Cajamarca	0.80	0.84	0.89	0.93	0.99	1.06	1.12	1.18	1.1	1.24	1.37	1.45	1.53	1.61	1.70
Yorongos	0.30	0.32	0.33	0.35	0.36	0.39	0.41	0.43	0.45	0.47	0.50	0.52	0.55	0.58	0.61
Calzada	0.33	0.35	0.38	0.40	0.42	0.45	0.47	0.50	0.53	0.56	0.57	0.60	0.63	0.67	0.70
Soritor	0.26	0.28	0.29	0.31	0.36	0.40	0.42	0.45	0.47	0.49	0.51	0.55	0.57	0.59	0.63
Otras Local.	0.12	0.13	0.14	0.15	0.19	0.24	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.34	0.37	0.39	0.41
TOTAL	6.47	6.95	7.45	8.21	13.57	14.76	15.59	16.52	17.36	18.50	19.67	20.92	22.35	23.66	25.18

CUADRO N° 1-13

Elaboración CRC - COFA

SISTEMA GERA: MÁXIMA DEMANDA Y ENERGÍA TOTAL
REQUERIDAS 1982 - 1996

AÑOS	MÁXIMA DEMANDA KW	ENERGÍA REQUERIDA
1982	1,853	6.86
1983	1,984	7.37
1984	2,121	7.90
1985	2,355	8.70
1986	3,623	14.38
1987	4,010	15.65
1988	4,256	16.53
1989	4,578	17.51
1990	4,785	18.40
1991	5,077	19.61
1992	5,387	20.85
1993	5,709	22.18
1994	6,053	23.69
1995	6,421	25.08
1996	6,679	26.69

CUADRO N°1-14

Elaboración: COPA

En el presente cuadro se han estimado las pérdidas tanto de potencia como de energía por transmisión y por consumo propio de las centrales.

Se consideran que estos podrían alcanzar el 6% de la máxima demanda de potencia y de energía neta.

Por lo tanto la máxima demanda total resulta para el sistema de 1,853 KW en 1982 la que se incrementa a 6,679 KW en 1996.

SISTEMA GERA: BALANCE DE POTENCIA A TRAVES DE LA DEMANDA:INSATISFECHA (KW)

AÑOS	DEMANDA (KW)	OFERTA (KW)	BALANCE (KW)
1982	1,853	1,848	5
1983	1,984	2,333	349
1984	2,121	2,093	28
1985	2,355	2,071	(284)
1986	3,623	2,071	(1,552)
1987	4,010	2,023	(1,987)
1988	4,256	2,019	(2,237)
1989	4,578	2,019	(2,559)
1990	4,785	2,019	(2,766)
1991	5,077	1,819	(4,058)
1992	5,387	1,315	(4,072)
1993	5,709	1,315	(4,394)
1994	6,053	1,315	(4,738)
1995	6,421	1,292	(5,129)
1996	6,679	570	(6,109)

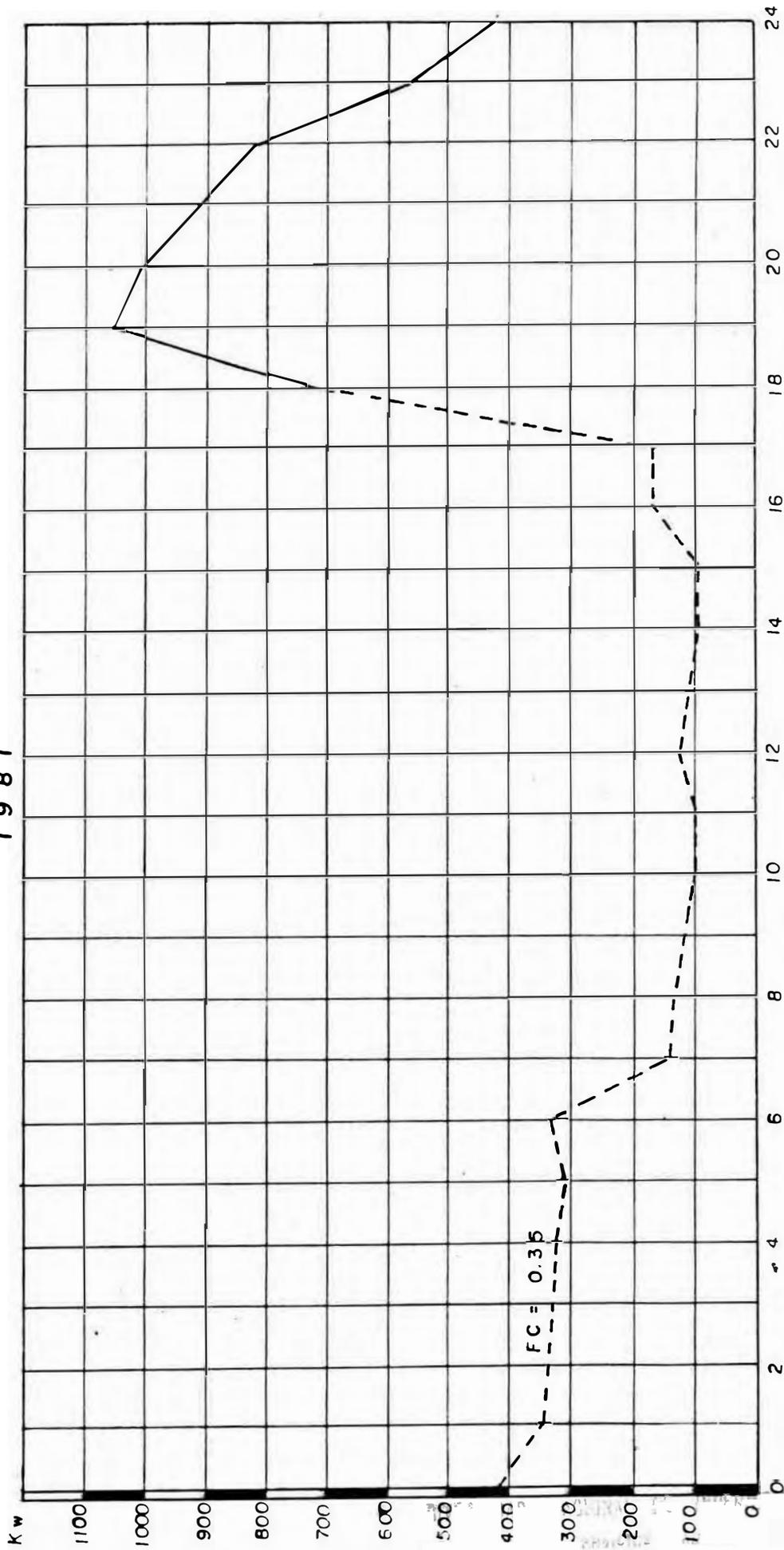
CUADRO N°1-15

En el presente cuadro, se observa el Superavit de oferta hasta el año 1984 a partir del cual la demanda es deficitaria en forma creciente presentándose un déficit para el año 1996 de 6,109 KW.

GRAFICO Nº 10

DIAGRAMA DE CARGA SISTEMA GERA

1981

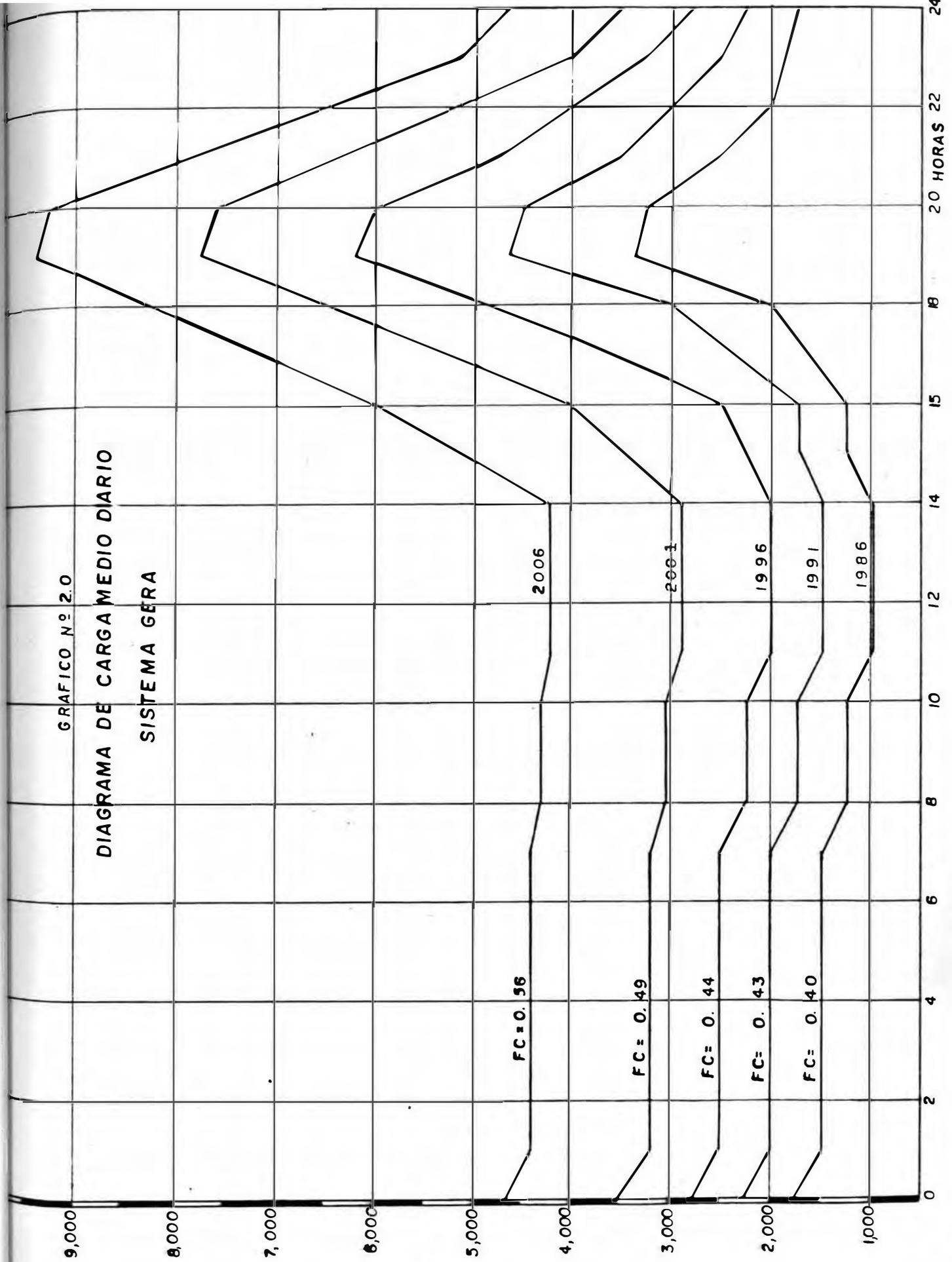


HORAS

GRAFICO Nº 2.0

DIAGRAMA DE CARGA MEDIO DIARIO
SISTEMA GERA

DEMANDA DE POTENCIA KW.



24 HORAS 22 18 15 14 12 10 8 6 4 2

C A P I T U L O I I

DISEÑO DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA

2.1 POTENCIA Y ENERGIA DISPONIBLE

Los estudios de evaluación de los Recursos Hidráulicos con fines de aprovechamiento para la generación de energía eléctrica, se determina propicia la captación del río Gera, que nos dá un caudal medio aprovechable de 3.0 M3/seg.,

Según los estudios se determina una potencia total de 5,600 KW, correspondiente al caudal de diseño de la central de 4.30 M3/seg.

El Proyecto de la Central Hidroeléctrica de Gera se encuentra al sur este de la ciudad de Moyobamba, aproximadamente a 14 KM. en su recorrido del río Gera presenta grandes saltos de agua que forman las "Cataratas de Gera" con un desnivel aproximadamente de 130 metros, donde las obras civiles se ubican aproximadamente a 500 mts. aguas arriba de las cataratas de Gera. Tomaremos como base estos datos para determinar si satisfacen plenamente nuestras necesidades.

2.1.1 Determinación del Caudal

Empleando la fórmula práctica

$$P = 9.8 N_T N_G Q.H. \quad (1)$$

donde: P = Potencia Hidráulica efectiva en KW.

N_T = Eficiencia de la Turbina

N_G = Eficiencia del Generador

Q = Caudal en M3/seg.

H = Altura útil en mts.

Considerando: $N_T N_G = 0.8$

$$P_{\text{Total}} = 5,600 \text{ KW.}$$

$$H = 163 \text{ mts.}$$

Para verificar nuestro caudal de diseño, lo obtenemos al despejar de la fórmula N°1 y reemplazando los datos obtenidos, obtendremos:

$$Q = \frac{P}{9.8 N_T N_G H} = \frac{5,600}{9.8 \times 0.8 \times 163} = 4.30 \text{ M3/seg.}$$

2.2 OBRAS CIVILES

2.2.1 Descripción de la Arquitectura de las Obras Civiles

2.2.1.1 Captación y Reservorio de Regulación

La captación y regulación se realizará mediante - una bocatoma sobre el río Gera. La estructura es tá compuesta por un barrage fijo y un sistema de compuertas de fondo para la captación y desagüe - correspondiente.

El emplazamiento y diseño de la estructura se ha definido en considerando de los siguientes requerimientos:

- Un volumen de Regulación de 106,000 M3.
- Una capacidad de alivio para una avenida de 600 M3/seg. correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.
- Una capacidad de purga de sólidos que permita - garantizar el volumen de regulación requerido e vitando la sedimentación.
- Garantizar la estabilidad de la estructura y e- vitar la erosión, debida a la operación de pur ga, o durante el proceso de máximas avenidas.

El sistema de purga consiste en dos (2) compuer-- tas y un vertedero:

La captación se realiza mediante un vano rectangu lar de 2.10 m. de altura por 1.50 m. de ancho, se guidamente, se encuentra un conducto cubierto de- 8 m. de longitud, que continúa en un canal rectan gular de 2.50 m. de ancho con una longitud de 40m. hasta entregar el flujo al canal de aducción por- medio de una transición. Poco antes del comienzo del canal de aducción, se encuentra una estructu- ra de control que cierra el paso del agua al ca- nal, pudiendo derivar ésta hacia un aliviadero la teral.

Durante el periodo de estiaje la operación sería de acuerdo a los caudales disponibles del río a los requerimientos de la demanda.

Cuando el caudal del río supere el máximo de captación para la Central, se deberá regular el nivel del agua con las compuertas de purga, que permite eliminar hasta 80M³/seg.

En el caso de máximas avenidas, la operación de evacuación sería mediante la apertura total de las compuertas de purga y el aliviadero que conjuntamente permitirán evacuar hasta 360 M³/seg.

2.2.1.2 Canal de Aducción

El Canal de Aducción se encuentra entre la parte final de las obras de captación, y el inicio del desarenador en una longitud de 830 m., en toda su longitud el canal será revestido con concreto. La pendiente es de 0.002 para todos los tramos. La pendiente del canal se definió por comparación entre pérdida y velocidad de arrastre, habiéndose adoptado una velocidad media de 2.15 m/seg. que permite el arrastre de arena y no produce excesiva pérdida de carga por pendiente requerida en el canal.

2.2.1.3 Desarenador

El Desarenador se encuentra localizado inmediatamente al final del canal de aducción y se une a la cámara de carga, mediante un canal rectangular de 3.00 m. de ancho.

El desarenador, consta de dos (2) naves paralelas de 30 m. de longitud y una sección transversal de 6.00 m. cada una y dos estructuras de control con compuertas deslizantes a la entrada y salida. El diseño considera una capacidad de 4.5 M³/seg, para su operación de forma que pueda retener partículas de 0.35 mm. de diámetro, siendo la velocidad del agua de =0.157M/seg. y la velocidad de

caída de las partículas es 0.03 M/seg., para el caudal de diseño de una (1) nave es 2.15 M³/seg. Estando la cota del umbral del vertedero a un nivel ligeramente superior al máximo del agua del canal de salida, se asegura que el vertedero trabaje a descarga libre bajo cualquier condición de caudal, permitiendo operar una nave mientras la otra se limpia.

Para el caso más desfavorable, en que se supone que estando aislada una de las naves del desarenador y el canal de aguas abajo se encuentra en su nivel máximo (actuando como reservorio) se produzca un remanso en el canal de aguas abajo debido a una detención brusca de las turbinas, se ha previsto unas ranuras para tabloneras en la sección del vertedero que son suficientes para aislar las naves de los efectos de subida anormal de nivel de agua en el canal de aguas abajo.

2.2.1.4 Cámara de Carga

La Cámara de Carga, ha sido ubicada entre el inicio de la tubería forzada y al finalizar el canal que une la cámara de carga con el desarenador.

La Cámara de carga, está constituida por una estructura de concreto armado, con secciones de control a la entrada y salida, consistentes en compuertas deslizantes de 0.75 x 0.75 para la de limpieza y 2.0 x 2.5 a la de salida, en forma intermedia entre ambas, se ubica una rejilla protectora y un sistema de atagüa para las operaciones de mantenimiento de la compuerta de salida.

La operación del sistema se ejecutará desde un puente de Maniobras.

La purga de la cámara de carga, descargará inmediatamente en una quebrada rocosa que conducirá las aguas por medio de esta al río Gera.

2.3 CALCULO DE LA TUBERIA DE PRESION

Para efectuar el cálculo de las características principales de la tubería forzada, se dispone de los siguientes datos:

Caudal máximo: Q máx.: 4.30 M3/seg.

Caída Bruta: H = 163 mts.

Longitud de la tubería: L 340 mts.

Se trata de determinar:

- Diámetro
- Espesor
- Peso
- Costo de la Tubería

Los cálculos lo haremos por los métodos siguientes:

- Analíticos

Método Analítico

Teóricamente es posible determinar un diámetro de tubería que pueda considerarse como el diámetro económicamente más favorable y depende de dos valores: velocidad del agua y pérdida de carga.

Para el cálculo de la pérdida de carga Y, empleamos la fórmula de Darcy:

$$Y = B \frac{Q^2 \times L}{d^5}$$

Siendo:

L = Longitud de la tubería en mts.

Q = Caudal máx. en M3./Seg.

d = Diámetro de la tubería en mts.

B = Constante para tuberías soldadas = 0.0020

Y Pérdida de carga

El espesor medio de la tubería es función de la presión y viene dada por:

$$e = \frac{p \times d}{2 \times k}$$

donde:

P = Presión total interna de la tubería, en metros de agua, aumentada en la sobre presión por el golpe de ariete.

d Diámetro constante en mts.

k = coeficiente de trabajo a la extensión en Kg/mm².

e = espesor medio de la tubería en mm.

El peso de la tubería se calculará en Kilogramos mediante la fórmula siguiente:

$$P = \frac{\pi \times d \times e \times r \times L}{1,000}$$

Siendo:

r = Peso de 1 M³. de material empleado en la tubería.

L Longitud de la tubería en m.

d = diámetro de la tubería en m.

e = espesor de la tubería en m.

Para tener en cuenta los recubrimientos de las láminas y los accesorios, anclajes y apoyos, se aumenta el peso en un 25%.

Si empleamos planchas de acero, en donde:

K = 8 Kg/mm².

r = 7,800 Kg/M³.

El valor de P está dado por:

$$P = 2 p \times d^2 \times L \text{ (Kgs/)}$$

El costo de la tubería resulta

$$C1 = 2 \times c \times p \times d^2 \times L = cP$$

Siendo "c" el costo por Kgs. de la conducción forzada.

Por lo tanto el gasto anual por este concepto, resulta:

$$S = C1 \times t = 2 \times c \times p \times d^2 \times L \times t.$$

Siendo "t" la anualidad que comprende el tanto por ciento por-interés y la amortización del importe de la tubería.

La energía pérdida en un año, por causa de las pérdidas en la tubería, es la siguiente:

$$E = 9.81 \times n \times \sum (Y \times q \times n)$$

fórmula en la cual Y es la pérdida de carga para el caudal genérico "q" (de duración n horas), y "n" el rendimiento complejo del grupo; sustituyendo por Y, el valor obtenido anteriormente para el mismo tendremos:

$$E = 9.81 \times n \times b \times \frac{1}{5} \times L \times \sum q^3 \times n$$

$$\text{y poniendo } Q^3 \left(\sum q^3 \times n \right) / N$$

donde:

N = 8760 horas de utilización anual del caudal medio anual, en

metros cúbicos por segundo, se obtiene:

$$E = 9.81 \times N \times B \times 1 \times L \times Q^3 \times N \times d^5$$

llamando "f" al costo de la energía en soles por kilovatio-hora, el costo anual de la tubería será:

$C = S + E \times f$, y la utilidad de la instalación será - máxima cuando la expresión anterior sea mínima, para lo cual igualando a cero la primera derivada con respecto a la variable "d" y sustituyendo S y E para los valores indicados anteriormente resulta:

$$d = 7 \sqrt{\frac{5 \times 9.81 \times N \times B \times Q^3 \times N \times f}{4 \times t \times c \times p}}$$

Esta fórmula confirma que el diámetro más conveniente, desde - el punto de vista económico, es independiente a la longitud de la tubería

Se sabe que:

$$N = 93\% = 0.93$$

$$B = 0.0020$$

$$Q = 4.3 \text{ M}^3/\text{seg.}$$

$$N = 8760$$

$$f = 63.94$$

$$t = 10.35\% = 0.1035$$

$$c = 1,039.73$$

$$p = H + AH = 163 + 0.3 (163) = 211.9 \text{ m.}$$

El peso de la tubería: 90.1 tn. = 90,100.00 Kgs.

Costo de la tubería \$/93'680,000

$$\text{entonces } c = \frac{93'680,000}{90,100} = 1039.73$$

Tarifa de US 0.111 dolares/KWh.

El dolar en marzo de 1982 cuesta \$/576 soles entonces:

$$f = 0.111 \times 576 = 63.94 \text{ soles/Kwh.}$$

Reemplazando estos datos en la fórmula

$$d = 7 \sqrt{\frac{5 \times 9.81 \times 0.93 \times 0.0020 \times (4.30)^3 \times 8760 \times 63.94}{4 \times 0.1035 \times 1039.73 \times 211.9}}$$

$$d = 1.72 \text{ mts.}$$

Como la determinación del diámetro de la tubería depende de dos valores:

- a - La velocidad del agua que debe ser del orden de 3 á 7 m/seg, para el caudal máximo.
- b - La Pérdida de carga, que debe ser del orden de 3 á 5 % de la altura bruta

Entonces verifiquemos los dos parámetros:

a: Para la velocidad del agua:

$$\text{Se sabe que: } V = \frac{Q}{\frac{\pi d^2}{4}}$$

donde:

$$Q = 4.3 \frac{M^3}{\text{Seg.}}$$

$$d = 1.72 \text{ mts.}$$

$$\text{Entonces la } V = 1.8506 \text{ m/seg.}$$

Por lo tanto se tiene que disminuir el diámetro, para que entre en el rango de velocidad.

Q = 4.3 M ³ /seg.	y	d = 1.50 m.	se tiene	v = 2.4333m/seg.
Q = 4.3 M ³ /seg.		d = 1.40 m.		v = 2.7933m/seg.
Q = 4.3 M ³ /seg.		d = 1.30 m.		v = 3.2396m/seg.
Q = 4.3 M ³ /seg.		d = 1.25 m.		v = 3.5040m/seg.
Q = 4.3 M ³ /seg.		d = 1.20 m.		v = 3.8020m/seg.
Q = 4.3 M ³ /seg.		d = 1.15 m.		v = 4.1400m/seg.
Q = 4.3 M ³ /seg.		d = 1.10 m.		v = 4.5247m/seg.
Q = 4.3 M ³ /seg.		d = 1.00 m.		v = 5.4749m/seg.
Q = 4.3 M ³ /seg.		d = 0.80 m.		v = 8.5546m/seg.

De los valores anteriores eligo el diámetro de la tubería d= 1.15 mts. que origina una velocidad V = 4.14 m/seg., que está dentro del rango establecido.

b: Pérdida en la tubería forzada:

La pérdida de carga en la tubería sería la suma de la pérdidas primarias más las pérdidas secundarias.

La pérdida primaria sería:

$$h_{rp} = h_2 + h_3 + h_4$$

Pérdida debida a la entrada de agua en la tubería de presión

$$h_2 = K \frac{V^2}{2g}$$

donde $K = 0.10$ para Turbina Francis, con cámara espiral
 $V = 4.14$ m/seg.

$$\text{Entonces: } H_2 = 0.10 \times \frac{4.14^2}{2 \times 9.8}$$

$$H_2 = 0.0874 \text{ mts.}$$

Pérdida propiamente dicha, por la entrada de agua en la tubería, depende de la forma de la embocadura que da origen a una contracción y tipo de rejilla.

$$h_3 = 1.06 \frac{V^2}{2g}$$

Entonces:

$$h_3 = 0.9270 \text{ mts.}$$

Pérdida a causa del rozamiento con las paredes de la tubería.

Aplicando la ecuación de Darcy:

$$h_4 = \frac{B Q^2 L}{d^5}$$

donde: $B = 0.0020$

$$Q = 4.3 \frac{\text{M}^3}{\text{seg.}}$$

$$L = 340 \text{ mts.}$$

$$d = 1.15 \text{ mts.}$$

Entonces $h_4 = 6.2511$ mts.

En la ecuación N°1, se tiene:

$$h_{rp} = 0.0874 + 0.9270 + 6.2511 = 7.2655 \text{ mts.}$$

La pérdida secundaria sería:

$$h_{rs} = h_5 + h_6 + h_7 \quad (2)$$

- Pérdida por curvas y codos:

Cuando se trata de codos y ángulos vivos tenemos, para un ángulo de:

$$h_5 = \alpha \times \frac{v^2}{2g}$$

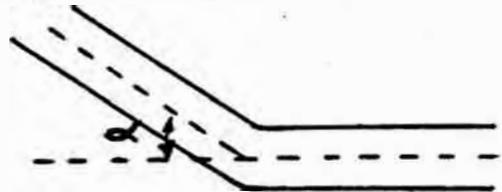
$$\alpha \rightarrow \alpha$$

$$20^\circ \quad 0.046$$

$$h'_5 = 0.0402$$

Entonces $h_5 = 7 h'_5 = 0.2814$ por tener 7 codos

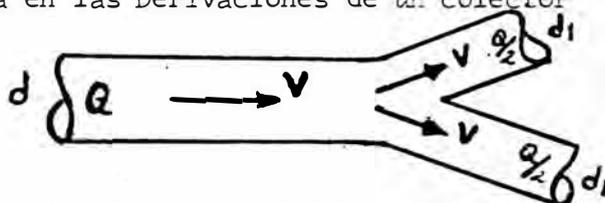
- Pérdida de carga en las válvulas



$$h_6 = \frac{KV^2}{2g} \quad \text{donde:} \quad k = \text{coeficiente que depende de la relación de diámetro } d/D.$$

$$h_6 = 0.438 \text{ para } d/D = 0.707, k = 0.5$$

- Pérdida en las Derivaciones de un colector



$$\text{Por la relación de continuidad: } VA = V \times A_1 + V \times A_1$$

donde: A = Sección de la tubería principal

A_1 = Sección del ramal de la tubería

d = Diámetro de la tubería principal

d_1 = Diámetro del ramal

Expresando las secciones en función de sus respectivos diámetros y eliminando la velocidad que es común a ambos miembros de la relación de continuidad tenemos:

$$\frac{d^2}{4} = \frac{d_1^2}{4} + \frac{d_1^2}{4}$$

$$\text{Simplificando } d^2 = 2 d_1^2$$

$$\text{despejando: } d_1 = \frac{d}{\sqrt{2}}$$

$$\text{Entonces: } \frac{Q_1}{Q} = 0.5 \rightarrow \frac{d_1}{d} = 0.707 \quad k = 0.63$$

$$\theta = 90^\circ$$

$$h_7 = \frac{V_1^2 - V^2}{2g} + K \frac{V_1^2}{2g} \quad \text{Para } V_1 = V$$

$$\text{Entonces: } h_7 = K \frac{V^2}{2g}$$

$$h_7 = 0.551 \text{ mts.}$$

En la ecuación N°2, se tiene

$$h_{rs} = 1.2704 \text{ mts.}$$

Por lo tanto las pérdidas en la tubería forzada será:

$$h_r = h_{rp} + h_{rs}$$

$$h_r = 8.5359 \text{ mts.}$$

Se sabe que la altura bruta $H = 163$ mts. y la pérdida de carga

debe ser del orden del 3 al 5%

$$\text{Entonces } \frac{5}{100} \times 163 = 8.15 \text{ mts.}$$

Se observa que las pérdidas en la tubería forzada se excede por lo cual debemos cambiar el diámetro de la tubería.

Elegimos un diámetro $d = 1.20$ m. y su velocidad será:

$$V = 3.8020 = 3.80 \text{ y volvemos a verificar.}$$

$$h_2 = 0.0737 \text{ m.}$$

$$h_3 = 0.7810 \text{ m.}$$

$$h_4 = 5.0529 \text{ m.}$$

$$h_{rp} = 5.9076 \text{ m.}$$

$$h_5 = 0.2372 \text{ m.}$$

$$h_6 = 0.3684 \text{ m.}$$

$$h_7 = 0.4641 \text{ m.}$$

$$h_{rs} = 1.0697 \text{ m.}$$

$$h_r = h_{rp} + h_{rs} = 6.9773 \text{ (representa el 4.28\% de la altura bruta).}$$

Resumiendo, el diámetro económico será: $d = 1.20$ m.

Cálculo del espesor de la tubería

$$c = \frac{p \times d}{2 \times k}$$

donde: p = presión hidrostática

$$p = H + AH = 163 + 0.3 \times 163 =$$

$$p = 211.9 \text{ mts. de columna de agua}$$

$$d = \text{diámetro : } 1.20 \text{ mts.}$$

K = coeficiente de trabajo del acero en Kg/mm^2 , esta característica depende del tipo de acero

Si elegimos el acero del sistema MANESMANN, cuya característica para tubos fabricados por el sistema MANESMANN, cuya carga de rotura está comprendida.

$$\text{Límite de fluencia del acero} = 6500 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\text{Esfuerzo admisible en el acero} = 5,500 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\text{Coeficiente de trabajo del acero : } K = 15 \text{ Kg/mm}^2.$$

En la fórmula se tiene:

$$c = \frac{211.9 \times 1.20}{2 \times 15} = 8.476$$

Se le debe incrementar en 1.524 mm., por corrosión y envejecimiento.

Entonces el espesor sería de:

$$c = 10.00 \text{ mm.}$$

El peso total de la tubería será:

$$\text{en (3)} \quad p = 2 \times 211.9 \times 1.20 \times 340 = 207,492.48 \text{ Kgs.}$$

El costo de la tubería será:

$$\text{en (4)} \quad c_1 = 1,039.73 \times 207,492.48 = 2,157.36 \times 10^5$$

2.4 CALCULO DEL GOLPE DE ARIETE

Basándonos en la teoría de Allievi, se debe su teoría Universal conocida y que comprende todos los factores que intervienen en el Golpe de Ariete.

$$a = \frac{C}{1 + \frac{E}{E} \times \frac{D}{e}} \quad (\text{m/seg.})$$

siendo:

a = Celeridad de las ondas a la velocidad de propagación de las mismas a lo largo de la tubería.

c = Velocidad de propagación del sonido en el agua: 1,420 m/seg. a 15°C.

E = Módulo de elasticidad del volumen de agua: $2 \times 10^6 \text{ Kg/M}^2$.

e = Espesor de la tubería en mts.

D = diámetro de la tubería en mts.

La relación $\frac{E}{E} = 0.01$ para tubería de acero

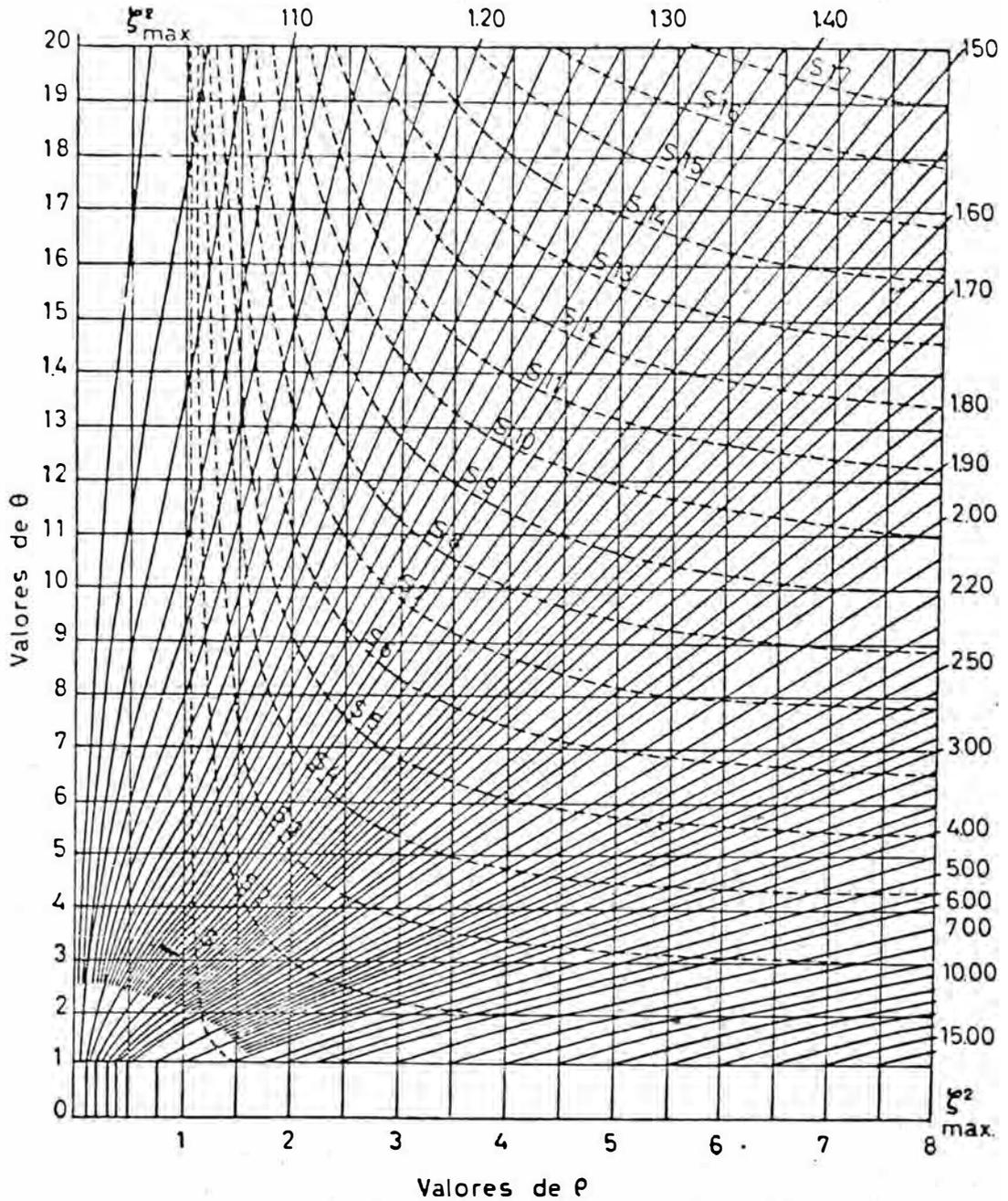
$$a = \frac{1420}{1 + 0.01 \times \frac{1.20}{0.010}} = 645.45 \text{ m/seg.}$$

$$a = 645.45 \text{ m/seg.}$$

Se determina el tiempo crítico de cierre

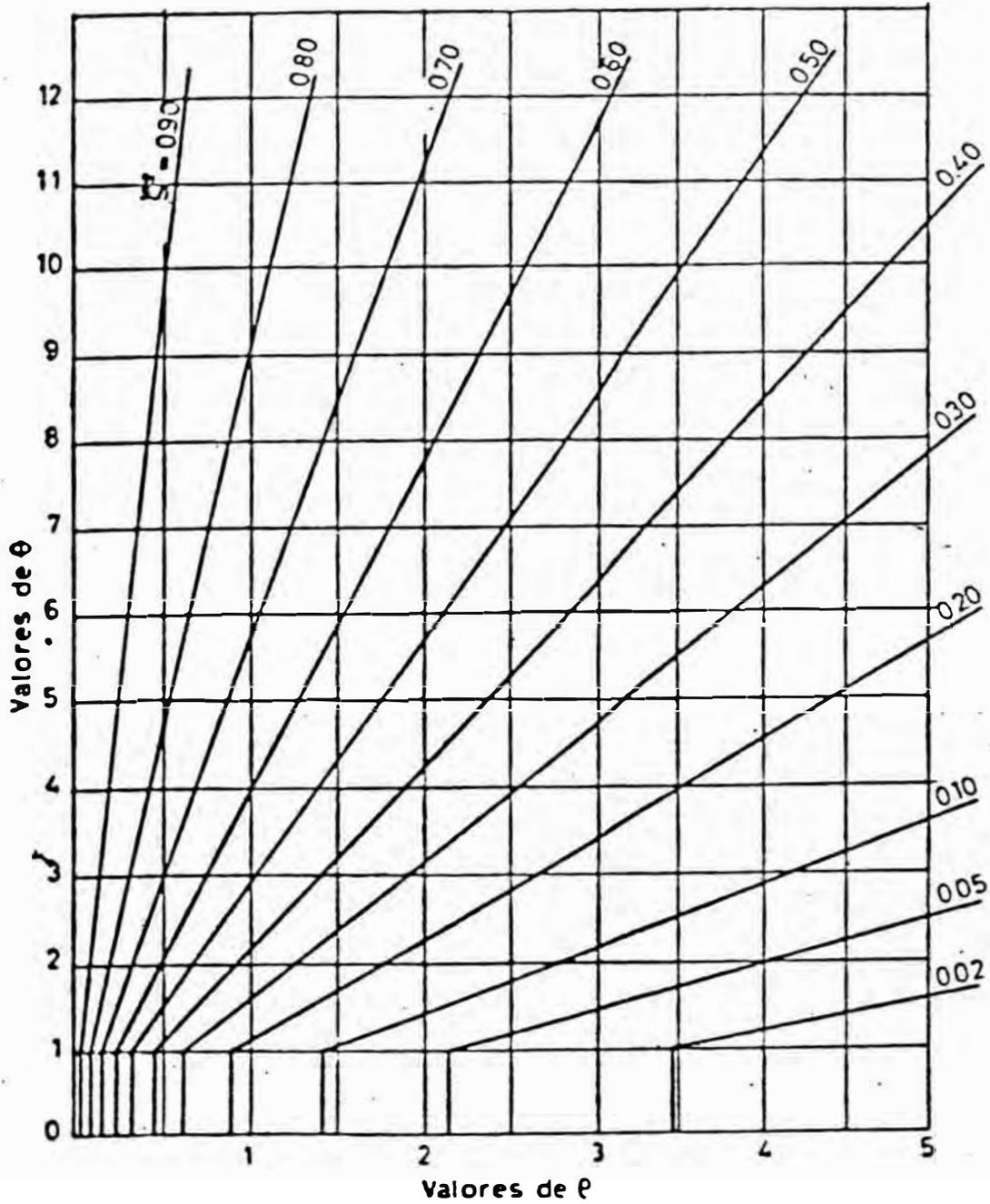
$$u = \frac{2L}{a} \text{ seg., entonces} \quad u = \frac{2 \times 340}{645.45}$$

ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN HIDRÁULICA



Ábaco de Allievi para obtener la máxima presión al cerrar el distribuidor de la turbina.

TUBERÍAS FORZADAS: GOLPE DE ARIETE



Ábaco de Allievi para obtener la máxima depresión al abrir el distribuidor de la turbina.

$u = 1.054$ seg.

- Cálculo del tiempo mínimo de cierre.

para que la sobrepresión al final de la tubería no exceda del 30% de la presión estática H , entonces la presión resultante será de:

$H + Ah = 163 + 0.3 \times 16.3 = 211.9$ mts. de columna de agua.

Entonces la presión relativa en el obturador es:

$$\xi_{\max}^2 = \frac{H + Ah}{H} = \frac{211.9}{163}$$

$$\xi_{\max}^2 = 1.3$$

Por otro lado, el número de Allievi es

$$f = \frac{av}{2gH}$$

siendo:

a = velocidad de las ondas

v = velocidad al régimen permanente en la tubería

H = presión estática sobre el distribuidor

$$f = \frac{645.45 \times 3.80}{2 \times 9.8 \times 163} = 0.7677$$

$$f = 0.77$$

Para los valores de:

$$\xi_{\max}^2 = 1.3 \quad \text{y} \quad f = 0.77$$

Se obtiene del ábaco de Allievi para obtener la máxima presión al cerrar el distribuidor de la turbina, el tiempo relativo $Q = 3.75$, por lo tanto el tiempo de cierre necesario será:

$$Tr = \frac{2LQ}{a} \quad Tr = \frac{2 \times 340 \times 3.75}{645.45}$$

$Tr = 3.95$ seg.

- Cálculo de la Depresión por apertura del distribuidor

Se calculará la depresión que se produce al abrir el distribuidor por aumento de carga, en el supuesto que está exija el 60% del caudal máximo y que la maniobra se ha de realizar

en un tiempo de 3.0 segundos.

Entonces la velocidad del agua a plena carga es de $v=0.6 \times 3.80 = 2.28$ m/seg.

Se tiene que:

$$\theta = \frac{a.T}{2.L} = \frac{645.45 \times 3.0}{2 \times 340} = 2.84$$

$$f = \frac{a.v}{2.g.H} = \frac{645.45 \times 2.28}{2 \times 9.8 \times 163} = 0.46$$

Con los valores de θ y f en el ábaco de allievi para obtener la máxima depresión al abrir el distribuidor de la turbina, se obtiene el valor de $\xi^2 = 0.85$

$$\text{por lo cual : } 0.850 = \frac{h + H}{H} = \frac{h + 163}{163}$$

$$138.55 = h + 163$$

$$h = - 24.45 \text{ mts.}$$

Determinación del Salto Util

El salto útil aprovechable para su transformación en energía mecánica por las turbinas, es menor que el salto real, es decir:

$$H_u = H_r - \sum H_n \quad (1)$$

donde :

H_u = Salto útil

H_r = Salto real

$$H_n = h_1 + h_2 + \dots + h_n$$

= Pérdida de carga en las canalizaciones

Pérdida en el canal de aducción

En el trayecto del canal de aducción, la pendiente y la sección, en principio son constante, por lo tanto en una primera aproximación (desechando algunas pérdidas de cargas singulares que se producen a la entrada y salida del canal y en los codos) tenemos

$$h_1 = I_o \times L$$

donde: I_o = pendiente del canal

L = Longitud del canal

para : $I_o = 0.002$

$$L = 911 \text{ m.}$$

Se tiene: $h_1 = 1.822 \text{ mts.}$

- Pérdida en la Tubería Forzada

$$h_r = h_{rp} + h_{rs} = 6.9773$$

El cálculo se efectuó en hojas anteriores

- Pérdida en el Canal de Descarga

La restitución del agua turbinada se efectuará mediante un canal de 4 m. de ancho y aproximadamente 10 m. de longitud, por 1.50 m. de altura.

$$h = \frac{v^2}{2 \cdot g} = 0.026 \text{ mts.}$$

Entonces la suma de pérdida en las canalizaciones son:

$$h = 1.822 + 6.9773 + 0.026 = 8.8253 \text{ mts.}$$

En la fórmula (1) tenemos:

$$H_u = 154.2 \text{ mts.}$$

Potencia Eléctrica a obtener con el salto útil

Sabemos que: $N = 9.8 N_t \times N_g \times Q \times H$

Considerando: $N_t N_g = 0.8$

$$Q = 4.3 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$H = 154.2 \text{ m.}$$

Entonces: $N = 5,198.40 \text{ KW.}$

2.5 Selección de Turbinas

La potencia prevista a instalar es de 5,198.40 KW para lo cual se presenta las siguientes alternativas.

Primera Alternativa

Instalar un grupo de 5,600 Kw.

Segunda Alternativa

Instalar dos grupos de 2,800 Kw.

Tercera Alternativa

Instalar tres grupos de 1,400 Kw.

Para elegir la alternativa más conveniente de las expuestas en líneas anteriores, se parte de las características y necesidades de la región a la cual se le va a dar energía.

La primera alternativa se desecha, por las siguientes razones:

- De acuerdo a las necesidades de la región el huzo del grupo de 5,600 Kw., va ha trabajar a carga parciales durante 7 años, una vez puesta en marcha la central.
- Costo de operación
- Gasto de Manutención y renovación
- Flexibilidad en la interconexión de una posible central en la provincia de Tarapoto.

La tercera alternativa se desecha, por las siguientes razones:

- Flexibilidad en la interconexión de una posible central en la provincia de Tarapoto
- Que los grupos a instalar sean semejantes o equivalentes para buscar una standarización con la central que se va hacer en la provincia de Tarapoto.

Se ha elegido la segunda alternativa, como la más favorable técnicamente y económicamente y para la decisión final se ha tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- Gasto de Instalación
- Gasto de manutención y renovación (incluyendo el reemplazo periódico de las piezas desgastadas, reparación de las máquinas)
- Flexibilidad en la interconexión de una posible central en la provincia de Tarapoto.

Primera Aproximación

En función del salto. Según la Tabla XXXIV.

Para saltos de 200 a 100 mts. se recomienda Turbinas Francis Lenta, que le corresponde el rango de velocidad específica de 70 a 120 y el rango de la velocidad de rotación o velocidad sincrónica sería de 900 á 1200 RPM.

Segunda Aproximación

En función del número característico

Empleamos la expresión de Camerer :
$$N_s = \frac{N}{H^{5/4}} P \quad (1)$$

donde: N = Velocidad sincrónica

P = Potencia en C.V.

H = Altura útil

N_s = Número característico o velocidad específica

$$N_s = \frac{N}{H^{5/4}} \frac{2800 \cdot 0.8}{154.2 \cdot 5^4} = 0.1088751 \cdot N^{5/4} = 1.25$$

Según lo anterior expuesto, para $N = 900$ RPM

$$\text{tenemos: } N_s = 900 \times 0.108875 = 97.9875 \approx 98$$

Para $N = 1000$ RPM

$$N_s = 1000 \times 0.108875 = 108.8751 \approx 109$$

Para $N = 1200$ RPM

$$N_s = 1200 \times 0.1088751 = 130.65 \approx 131$$

De acuerdo a la Tabla XXXIV- Tipo de turbina más adecuada en función del número de revoluciones específico, del manual Centrales-Hidroeléctricas de 6. Zoppetti

VELOCIDAD ESPECIFICA N_s	TIPO DE TURBINA	ALTURA DEL SALTO METROS
Hasta 18.....	Pelton con una Tobera800
De 18 a 25.....	Pelton con una Tobera	de 800 a 400
De 26 a 35	Pelton con dos Toberas	de 400 a 100
De 36 a 50	Pelton con dos Toberas	de 400 a 100
De 51 a 72	Pelton con cuatro Toberas	de 400 a 100
De 55 a 70	Francis Lentísima	de 400 a 200
De 70 a 120	Francis Lenta	de 200 a 100
De 120 a 200	Francis Media	de 100 a 50
De 200 a 300	Francis Veloz	de 50 a 25
De 300 a 450	Francis Ultravelocísima	de 25 a 15
De 400 a 500	Hélice velocísima	Hasta 15
De 270 a 500	Kaplan lenta	de 50 a 15
De 500 a 800	Kaplan veloz	de 15 a 5
De 800 a 1100	Kaplan velocísima	5

De acuerdo a esta tabla la turbina recomendada sería la "Turbina Francis Lenta", lo que faltaría es elegir el número de revoluciones, para ésta.

- Tenemos que considerar la conveniencia, desde el punto de vista económico, de que las máquinas funcionan a elevado número de revoluciones para reducir el costo de las mismas.
- También hay que tener en cuenta, por lo que respecta a la elección del tipo de turbina de reacción y cuando se trata de rode

tes veloz y velocísimos, es decir, con elevada velocidad específica, que al aumentar N_s , aumenta también la velocidad de salida del agua del rodete y que, cuanto mayor es esta velocidad, - mayores son las depresiones, que por otra parte crecen con el - aumento del salto. Todo ello da origen al fenómeno de cavita-- ción muy perjudicial para la vida de las turbinas y que influye también en el rendimiento, por lo cual, los rodetes muy veloces deberán emplearse con salto de poca altura.

Hay que tener en cuenta que los límites para los N_s de los va-- rios tipos de turbina son solamente indicativos, cada fábrica - de turbina tiene su clasificación de la que sin embargo no pue-- den resultar diferencias notables en comparación con otras fá-- bricas.

Por lo expuesto se recomienda la turbina Francis Lenta, que va ha girar a 900 RPM.

2.6 Selección de los Generadores

Considerando la frecuencia de la red $f = 60$ C/S y a una veloci-- dad sincrónica de 900 RPM.

Empleando la relación $N = 60 \times \frac{f}{p/2}$

donde:

N = velocidad de la máquina en RPM

f = frecuencia de la red.

p = el número de polos

Entonces: $p = 120 \times \frac{f}{n}$

para $f = 60$ C/S

$n = 900$ RPM

Tenemos $p = 120 \times \frac{60}{900} = 8$

La tensión recomendada es de 10 KV.

La Potencia necesaria para el sistema de excitación del generador-- sincrónico, se puede establecer con bastante aproximación de la fór-- mula:

$$Kw = 10 \times \sqrt{\frac{P}{N}}$$

donde: Kw Excitación requerida en kilovatios
 P Potencia nominal del generador en KVA.
 N Velocidad del generador en RPM

$$\text{Entonces Kw} = 10 \times \frac{\sqrt{3,500}}{\sqrt{900}} = 19.72$$

Donde resulta que la potencia de excitación es de 19.72 Kw. La expresión anterior es recomendada en el manual del Ingeniero Electricista de Pender del Mar.

Resumiendo, los Generadores serán de eje horizontal, con una potencia de 3,500 KVA y factor de potencia 0.8, tendrá 8 polos su tensión recomendada es de 10 KV, la potencia de excitación es de 19.72 Kw., el enfriamiento será por medio de intercambiadores de calor agua/aire.

Su velocidad sincrónica será de 900 RPM, a una frecuencia de 60-Hz.

2.7 Selección de los Transformadores

- Se ha adoptado el nivel de 60 KV (72.5 KV de tensión máxima de servicio) que es un nivel de tensión normalizado por ELECTROPERU, teniendo en cuenta básicamente los siguientes criterios:

- a)- Potencia a transmitir
- b)- Longitud de la línea
- c)- Nivel de tensión a usarse en el Sistema Sauce dada su integración en el Sistema Gera.

La relación KV/Km. es 60/45 es mayor que uno, lo que da confiabilidad razonable para una buena operación del sistema.

El número de circuitos se ha definido teniendo como base, datos estadísticos de optimización de diseños, lo que definen aproximadamente 0.5 MVA/KV por circuito, siendo esta relación en el presente caso $7 \text{ MVA}/60 \text{ KV} = 0.12$ por lo que se considera equipamiento con simple terna.

Alternativas para Determinar los Transformadores de Potencia

Primera Alternativa

Un transformador trifásico de 7 MVA.

Segunda Alternativa

Dos transformadores trifásicos de 3.5 MVA. Se ha elegido la primera alternativa, debido a su menor costo con respecto a los dos transformadores trifásicos, y teniendo en cuenta

ta que en el sistema de la Central Hidroeléctrica de el Sauce, Sistema próximo al de la Central Hidroeléctrica de Gera, se instalarán por lo menos dos transformadores de similares características lo que permitirá un transformador de reserva para ambos sistemas.

Transformador de Potencia

El transformador será trifásico, con una potencia de 7000 KVA, con baño de aceite, refrigeración ONAM/ONAF, regulación de tensión en vacío o baja carga, si es necesario.

La relación de transformación será de:

$$60 \pm 5\% / 10 \text{ KV.}$$

Grupo de conexión Yd11, con el neutro sólidamente puesto a tierra el arrollamiento en estrella está colocado siempre en el lado de alta tensión.

2.8 Cálculo del Cable de Alimentación

En el sistema, se va ha emplear dos generadores iguales de características:

$$P = 3500 \text{ KVA}$$

$$\epsilon = 15\%$$

$$\cos \phi = 0.8$$

La tensión de generación es 10 KV

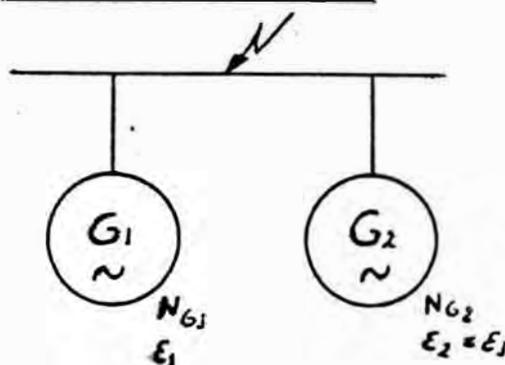
Entonces:

$$I_N = \frac{3500}{\sqrt{3} \times 10} = 202.0 \text{ Amp.}$$

$$I_{\text{diseño}} = 1.25 I_N = 252.5 \text{ Amp.}$$

Según la tabla de especificaciones del cable tipo NKY, 10 KV, huzaremos cable de calibre 3 x 120 mm², que tiene una intensidad admisible de corriente 320 Amperios.

Cálculo del Interruptor



Se sabe:

$$Z_c = \frac{E_1 \times V_N^2}{100 \times N_G}$$

$$N_G = N_{G1} + N_{G2}$$

Si $\epsilon_1 = 15\%$ y $\epsilon_2 = 15\%$

$$N_6 = 3.5 \text{ MVA} + 3.5 \text{ MVA} = 7.0 \text{ MVA}$$

Entonces:

$$Z_c = \frac{15 \times 10^2}{100 \times 7} = 2.15 \text{ ohm.}$$

$$I_{ci(6)} = \frac{10,000}{\sqrt{3} \times 2.15} = 2,685.35 \text{ Amp.} = 2.7 \text{ KA}$$

Entonces, la $I_{ci(6)} = 2.7 \text{ KA}$, es la mínima aceptable.

La corriente de choque será:

$$I_{ch} = \tau \cdot \sqrt{2} \cdot I_{ci(6)}$$

$$\tau = 1.8 \text{ (caso más desfavorable)}$$

$$I_{ch} = 1.8 \times \sqrt{2} \times 2.7 = 6.87 \text{ KA}$$

La potencia de cortocircuito, en la barra será:

$$N_{cc} = \sqrt{3} \times U_n \times I_{cc} = \sqrt{3} \times 10 \times 2.7 = 46.8 \text{ MVA.}$$

En resumen, el interruptor de Potencia debe ser:

- Automático
- Bajo volúmen de aceite
- Está diseñada para $I_n = 404 \text{ Amp.}$ (mínimo)
- Tensión de servicio = 10 KV (Mínimo)
- Frecuencia : 60 Hz.
- Potencia de corto circuito = 46.8 MVA (como mínimo)

C A P I T U L O I I I

3.0 ESPECIFICACIONES TECNICAS

3.1.0. Especificaciones Técnicas de Equipo Electromecánico

- 3.1.1 Turbina
- 3.1.2 Alternador
- 3.1.3 Transformador
- 3.1.4 Tablero de Comando y Control
- 3.1.5 Sistema de Medición
- 3.1.6 Sistema de Protección
- 3.1.7 Equipo Maniobra
- 3.1.8 Sistema de Sincronización
- 3.1.9 Sistema de Puesta a tierra
- 3.1.10 Tubería de Presión.

3.1.1. Turbina

Las turbinas serán diseñadas con las siguientes características, siguiendo las normas de IEC pertinentes

- Salto : 163 mts.
- Caudal : 2.15 M3/seg.
- Potencia : 2,800 Kw.
- Velocidad de Régimen : 900 RPM
- Característica del agua.... con arrastre sólidos (abrasivos).
- Velocidad de embalamiento 2070 RPM

Tipo de rodete: Francis Lento

Las turbinas serán del tipo Francis, eje horizontal, una rueda, cámara cerrada y una descarga.

El acoplamiento al generador se hará en forma directa y coaxial al eje del rotor.

Estará equipada con los siguientes accesorios:

- Una válvula de compuerta de ingreso a la Turbina
- Un cono de empalme entre turbina de presión y válvula de entrada a la turbina.
- Un Tacómetro
- Un vacuómetro
- Un Manómetro
- Un juego de herramientas esenciales

El fabricante que suministre el equipo, indicará en su oferta las características del material empleado en la construcción de las diferentes partes de la turbina y las partes sometidas a desgaste que requieren cambios periódicos incluyendo el intervalo de dichos periodos.

Indicará así mismo, el tipo, características y consumo de lubricantes, además proporcionará dimensiones, pesos y planos de montaje.

Los reguladores de velocidad de las turbinas serán a presión de aceite, automáticos y manuales, e indicarán la limitación de apertura y el mando de cierre rápido.

El sistema tendrá control de repetición en los tableros - de mando, para variar la velocidad, control de apertura, - cierre rápido en caso de emergencia, (como falta de presión de aceite en los reguladores, fallas eléctricas o sobrevelocidad).

Poseerá alarma óptica y acústica en el tablero de mando - para control de presión de aceite en los reguladores, embalamiento y cualquier otra falla que a juicio del fabricante deba tener alarma óptica y acústica.

3.1.2. Alternador

Los alternadores serán dos, sincros, del tipo trifásicos, sin escobilla, eje horizontal para acoplamiento directo al eje de la turbina tipo Francis, con las siguientes características y según normas de ITINTEC.

- Potencia a 900 msnm	:	3500 KVA
- Factor de Potencia	:	0.8
- Tensión	:	10,000 V.
- Frecuencia	:	60 Hz.
Velocidad	:	900 RPM
- N° de polos	:	8

El aislamiento deberá ser tropicalizado y poseerán autoventilación.

La excitatriz deberá ir instalada coaxialmente con el eje del rotor.

El fabricante deberá proporcionar los alternadores según-

normas de ITINTEC, é indicará además:

- Tipo de rotor
- Conexiones del estator
 - Resistencia para fase medida en frío
 - Tensión en corto circuito
- Impedancia directa
- Impedancia de cuadratura
- Pérdida en el cobre
- Pérdida en el fierro
- Pérdida rotacionales
 - Eficiencia
- Pérdida en la excitatriz
- Dimensiones y pesos

El sistema de Regulación de voltaje será automático y manual, con su respectivo conmutador automático y manual.

3.1.3. Transformador

Para transmitir la potencia, se tiene que elevar la tensión dado los lugares donde se va alimentar, para nuestro caso sería de 10 KV á 60 KV, y se hará por medio de transformador de potencia trifásico, en baño de aceite, auto - enfriado y la construcción se hará con las siguientes características y siguiendo las normas ITINTEC.

Potencia nominal continua: (1025 m.s.n.m.)	:	7000 KVA.
Frecuencia nominal	:	60 ciclos/seg.
Tomas al lado de 10 KV de acuerdo a DIN 42511	:	$\pm 2.5\% \pm 5\%$
Tensión Primaria	:	10 KV.
Tensión Secundaria	:	60 KV.
Grupo de conexión según VDE 0532	:	D y 11.
Pérdidas según DIN 42502/504/510	:	Menos de 7 KW.
Tolerancia según VDE 0532	:	10%
Tensión de corto circuito	:	4%
Tolerancia según VDE 0532	:	10%
Tiempo de cortocircuito máx. admisible	:	2 seg.

Tipo de aislamiento	:	Clase A (según ITINTEC)
Nivel de ruido máximo admisible a 1 m. de distancia (DIN 42540)	:	55 dB.
B.I.L.	::	90 KV.
Temperatura de trabajo en el cobre, en un ambiente a 40°C	:	Menor o igual a 105°C
Temperatura de trabajo en aceite, en un ambiente a 40°C	:	100°C

Vendrá provisto de los siguientes accesorios:

- Conmutador de tomas en vacío
 - Ruedas orientales en planos perpendiculares
 - Conservador de aceite con medidor de nivel
 - Grifo de vaciado y toma de muestra de aceite
 - Ganchos de suspensión para levantar la parte activa o el transformador completo.
 - Borne de conexión a tierra
 - Dotación de aceite
 - Placa de características
 - Relé BUCHHOLZ.
 - Termostato
 - Conmutador maniobrabable a mano de Taps (TAPS) con transformador sin carga para variar la tensión de 5% y 10%.
- El fabricante proporcionará, las dimensiones y peso.

3.1.4. Tablero de Comando y Control

Serán del tipo autotransportado, en la cara frontal llevarán perforaciones donde aparecerán los aparatos y llave de mando.

Así mismo debe alojar el equipo de sincronización, incluyendo el equipo de Protección junto con los equipos de control y mando.

El fabricante deberá construirlo de acuerdo a las normas de ITINTEC y al recepcionarlo tiene que tener la conformidad del usuario.

3.1.5. Sistema de Medición

El sistema de Medición a emplearse, se presenta en el plano N°3, este sistema estará constituido por los siguientes elementos:

- Transformadores de Intensidad:

Se proveerán dos transformadores de intensidad para medición, de las siguientes características:

200/5 Amps.

400 Volts.

Clase de precisión 1

30 VA

- Conmutador Amperimétrico:

Será del tipo: leer directamente la intensidad de las 3 fases, para una tensión 400 Volts. y 15 Amp.

- Amperímetro:

Tendrá las siguientes características:

Tipo Hierro móvil

Bobina para 5 amperios

Escala 0 - 400 Amperios

Consumo igual o menor a 3 VA

Clase de precisión 1.0

Dimensiones 144 x 144 mm.

Tensión de prueba 2 KV, 1 minuto

- Conmutador Voltimétrico:

Será de 10 amperios de intensidad nominal a 400 voltios. Su sistema de contacto permitirá desconectar el voltímetro, leer las tensiones entre líneas o la tensión línea tierra.

- Voltímetro:

Será del tipo hierro móvil, de las siguientes características:

Bobina para 400 Volts.

Escala 0-400 Volts.

Consumo igual o menor a 3 VA.

Clase de precisión 1.0

Dimensiones 144 x 144 mm.

Tensión de prueba 2 KV, 1 minuto

- Vatímetro:

Tendrá las siguientes características:

Tipo : Electrodinámico

Número de sistemas móviles 2

Bobinas para 5 Amp. y 400 V.

Escala 0 - 150 KW, adecuado para trabajar con transformadores de intensidad de relación 400/5.

Consumo por fase en el circuito amperimétrico igual o menor a 4 VA.

Consumo por fase en el circuito voltimétrico menor o igual a 4 VA.

Clase de precisión 1.0

Dimensiones 144 x 144 mm.

Tensión de prueba 2 KV, 1 minuto.

- Contador de energía:

De las siguientes características:

Tipo inducción, de dos sistemas, apto para medir cargas trifásicas desbalanceadas.

Bobinas de tensión para 400 Volts.

Bobinas de intensidad para 5 Amps. capaces de soportar 20 Amps.

Tendrá claramente indicado el valor de su constante para operar con reductores de 400/5A.

Consumo por sistema en el circuito voltimétrico igual o menor a 5 VA.

Consumo por sistema en el circuito amperimétrico igual o menor a 2 VA.

Tensión de prueba 2 KV, 1 minuto

Clase de precisión 2.

- Cosfímetro:

Adecuado para medir el factor de potencia en circuitos trifásicos equilibrados o desequilibrados, sin neutro.

- Tipo logométrico, con sistema de bobinas cruzadas y amortiguamiento magnético.

Escala de 90°, 0.8 capacitivo a 0.3 inductivo.

- Bobinas para 400 V y 5 Amp.

- Consumo en el circuito de corriente igual o menor a 3 VA.

Consumo en cada circuito de tensión igual o menor a 4

VA.

- Clase precisión 1.0

Dimensiones 144 x 144 mm²

- Tensión de prueba 2 KV. 1 minuto

- Contador Horario

Destinado a controlar el número de horas de funcionamiento del grupo. Accionando continuamente por un motor sin crono de consumo igual o menor a 12 MA. para 60 ciclos - por segundo.

Con capacidad de contar hasta un total de 99,999.99 horas.

Dimensiones 144 x 144 mm²

- Fusibles de Protección

El circuito de tensión que alimenta los instrumentos de medida serán protegidos por tres fusibles rápidos DZ para 4 Amps. 400 Volts, que serán instalados completos con sus bases.

3.1.6. Sistema de Protección

El Generador estará equipada con protección eléctrica de relé de sobrecorriente de tiempo inverso con mínimo tiempo definido en sus tres fases, protección de relé de sobrecarga de tiempo fijo en sus tres fases, protección térmica y protección de temperatura de cojinetes.

Transformadores de Intensidad

Se proveerán tres transformadores de intensidad conectados al lado del neutro de los tres arrollamientos, a fin de que los relés que alimentan puedan detectar defectos internos.

Las características de cada uno de estos transformadores de intensidad serán los siguientes:

400/5 Amps.

400 Volts.

Clase 1 para protección

30 VA

Cifra de sobre intensidad 5

Tensión de prueba 2 KV, 1 minuto

Relé de Sobrecorriente:

Se proveerán tres relés de sobre intensidad de tiempo inverso con mínimo tiempo definido, de las siguientes características:

Bobina para 5 Amp. 60 Hz.

Rango de ajuste 1 a $2 I_n$

Temporización 0.2 a 8 seg.

Consumo igual o menor a 10 VA.

Capacidad de contactos:

Sobre carga inductiva $f_p = 0.6$ igual o mayor a 5 Amp.

Tensión de prueba 2 KV, 1 minuto

Inicialmente se le ajustará para operar a $1.2 I_n$, en 0.2- segundos.

Relé de Sobrecarga:

Se proveerán tres relés de sobre carga de tiempo fijo, de las siguientes características:

Para medir la temperatura de los arrollamientos, lo haremos indirectamente, con relés que son la imagen térmica del objeto a proteger.

- Bobina para 5 Amp., 60 Hz.

- Consumo igual o menor a 10 VA.

- Rango de ajuste: Variable

Tensión de prueba 2 KV, 1 minuto

Relé Térmico

Se proveerá un relé térmico, de las siguientes características.

- Corriente nominal : 5 Amp. 60 HZ

Intensidad para alcanzar su temperatura estable

- $\Delta T = 60^\circ$ (correspondiente al 100%) 5 Amp.

- Constante de tiempo ajustable 20 - 60 minutos

- Temperatura de operación 0-120°C

- Consumo igual o menor a 10 VA.

- Capacidad de contactos

- Sobre carga inductiva $f_p = 0.6$ igual o mayor a 5 A.

Tensión de Prueba 2 KV. minuto.

- Será igual o similar al tipo ST de Brown-Boveri.

El ajuste inicial de su constante de tiempo será de 20 minutos y deberá operar para una sobre elevación de 110% sobre la temperatura nominal.

Relé de Nivel de Aceite

Se proveerá de un relé de tamaño 25, de las siguientes características:

Temperatura de ejercicio: entre 25°C a 100°C.

Están dotados de alarma: cuando se ha acumulado en su interior un volumen de gas.

El relé dispara: Después de aquella alarma, si continúa la acumulación o pérdida de aceite, actúa el relé.

- Está sometida a prueba de aislamiento hacia puesta a tierra a la tensión de 2,000 vlts, 60 HZ por duración de un minuto.

Temperatura de Cojinetes

Se proveerá de un reloj MURPHY SWICHGDGE de las siguientes características:

- Temperatura de ejercicio: entre 25 °C á 120° C.

- Tipo de aislamiento: Clase B

- Contacto bimetálico

Su actuación es calibrado de acuerdo a la protección que deseamos.

- Su corriente nominal a 4 Amp., 220 V. CA.

- Tensión de prueba 2 KV, 1 minuto.

Relé Buchholz

Se proveerá, el relé de las siguientes características:

- Temperatura de ejercicio: entre 25°C a 100°C.

- Están dotados de alarma:

a- Cuando se ha acumulado en su interior un volumen de gas igual a 120 cm³. (si empleará el relé tamaño 25)

b- Cuando el aceite contenido en el relé disminuye de un volumen igual a 120 cm³.

El relé dispara:

a- Después de aquella alarma, si continúa la acumula--

ción o pérdida de aceite, sea como sea siempre antes de permitir a la burbuja de gas de salir del relé.

b-Cuando la velocidad de las corrientes de aceite, que corren del transformador al recipiente de conservación, alcanza los 100 cm/seg. referida al diámetro del agujero.

- Está sometida a prueba de aislamiento hacia puesta a tierra a la tensión de 2 KV., 60 HZ por duración de un minuto.

Relé de Máxima Tensión

Se proveerán de dos relés de máxima tensión de las siguientes características:

Bobina para 400 Volts.

Escala 0 - 400 Volts.

Temporización 0.2 a 8 seg.

Consumo igual o menor a **5** VA.

Tensión de prueba 2 KV. 1 minuto

Frecuencia nominal: 60 HZ.

Capacidad de contactos, $\cos \phi = 0.6$ mayor o igual

Sobre carga inductiva, de 3A. a 5 A.

Termómetro

Se proveerá de un termómetro. bimetálico.

Su escala va estar comprendida entre 20°C á 100°C.

La temperatura nominal de trabajo va hacer de 60°C.

Equipo de ONda Portadora

El equipo de onda portadora se instalará sobre la línea de 60 KV y en primera etapa se utilizará para comunicación, con propósito de operación, maniobra y mantenimiento, sin embargo, en el futuro podrá usarse para protección, telemedida etc.

Las trampas serán aptas para montaje a la intemperie sobre el capacitor de acoplamiento o en forma separada.

Deberán ser a prueba de agua, humedad y vendrán protegidas contra insectos y aves que pudieran ubicarse en su interior. Deberán estar diseñadas para operar con la co

rriente nominal de la línea y soportar como mínimo la potencia de ruptura de 50 MVA.

El capacitor de acoplamiento deberá estar de preferencia incorporado en uno de los transformadores de tensión capacitivo.

La unidad de acoplamiento tendrá todo el equipo normalizado del fabricante y siguiendo las normas I.E.C. pertinentes.

El equipo de onda portadora será del tipo "SINGLE SIDE - BAND", teniendo capacidad para un rango de frecuencia de 8 a 240 KHz. El equipamiento inicial será sólo para conservación y podrá tener el rango de 50 á 240 KHz.

Se utilizará el sistema DUPLEX, es decir, una frecuencia en cada dirección.

Las unidades tendrán los transmisores, receptores, dispositivos para hablar, unidades híbridas y demás equipo necesarios.

Las unidades de onda portadora recibirán energía de los servicios auxiliares.

3.1.7. Equipo Maniobra

Tal como se muestra en planos, la conexión de los grupos a las barras colectoras se hará mediante interruptores.

Interruptor

La conexión o desconexión del grupo a las barras colectoras se hará mediante un interruptor de las siguientes características.

Intensidad nominal	202 A.
Tensión Nominal	10 KV.
- Frecuencia Nominal	60 Hz.
- Potencia de ruptura	No menor a 50 MVA.
- Tiempo de operación de disparo magnético	0.01 segundo
- Tropicalizado para operar 50°C y 90% de humedad relativa	según normas IEC 157-1

La conexión o desconexión de las barras colectoras con el

transformador de Potencia se hará por medio de otro interruptor, de idénticas características a las mencionadas en líneas anteriores, siendo su intensidad nominal 404 - Amp.

- Transformadores de Tensión:

Se proveerán transformadores de tensión tipo capacitivo monofásicos, de las siguientes características:

60 : $\sqrt{3}$ /0.110: $\sqrt{3}$ KV.

Clase de precisión: 1

Frecuencia Nominal 60 Hz.

Potencia de ruptura no menor a 50MVA

Tropicalizado para operar..... según normas IEC pertinentes, hasta 50°C y 90% de humedad relativa.

- Seccionadores:

Según el caso serán con o sin cuchilla de puesta a tierra.

Serán del tipo exterior.

Corriente nominal y nivel de aislamiento similar al de los interruptores.

El mecanismo de operación debe permitir el mando remoto o local.

- Pararrayos:

Serán del tipo de resistencia variable e irán conectados entre fase y tierra lo más cercano al transformador de Potencia.

3.1.8.Sistema de Sincronización

El panel de sincronización, tendrá el siguiente equipo, - frecuencímetro doble, voltímetro doble y sincronoscopio.

FRECUENCIMETRO:

Se proveerá un frecuencímetro doble de las siguientes características:

Tipo	Lenguetas vibrantes
Tensión Nominal	400 Volts.
Clase de precisión	1.5
Escalas	55 - 65 ciclos por seg, con

1/2 ciclo de definición.

Dimensiones : 144 x 144 mm.
 Tensión de prueba : 2 KV, 1 minuto
 Consumo : Igual o menor a 5 VA.

VOLTIMETRO:

Se proveerá un voltímetro doble de las siguientes características:

Será del tipo hierro móvil

Bobina para 400 Volts.

Escala 0 - 400 Volts.

Consumo igual o menor a 4 VA.

Clase de precisión 1.5

Dimensiones 144 x 144 mm.

Tensión de prueba 2 KV, 1 minuto

SYNCRONOSCOPIO:

Se proveerá de un sincronoscopio de las siguientes características:

Intensidad nominal : 5 Amp.

Tensión Nominal : 220 ó 440 Volts.

Trifásico

Clase de precisión : 1.5

Dimensiones : 144 x 144 mm.

Tensión de prueba : 2 KV, por 1 minuto de duración.

3.1.9. Sistema de Puesta a Tierra

Alcance:

Se instalarán dos sistemas de puesta a tierra, uno para baja tensión y otro para alta tensión.

El dimensionamiento de los conductores, métodos de conexión y resistencia de puesta a tierra satisfecerán las exigencias de las normas VDE0140, VDE0100 y el Código Nacional de Electricidad.

Sistema de Puesta a Tierra para Baja Tensión:

El tablero de iluminación y fuerza, los artefactos de iluminación y tomacorriente, estarán unidos metálicamente entre sí, mediante conductores de cobre y conectados a -

dos pozos de tierra. Los conductores de tierra serán de cobre, temple suave.

Las conexiones al tablero se harán empernadas, empleando elementos de bronce silicóbr. La conexión más débil a la red de tierra, se hará mediante un conductor desnudo de calibre N°14. Este tipo de conductor se empleará para todos los tomacorrientes y artefactos de iluminación, aún cuando no se indique en planos.

En los circuitos derivados que alimentan salidas de cualquier tipo, el diámetro de los conductores de tierra será función del calibre de los conductores de fase que integran el circuito.

Pozos de tierra:

Se construirán dos pozos de tierra en la forma que se muestra en la figura adjunta y ubicados en los lugares indicados en plano N°7.

La separación entre los mismos será igual o mayor a 4.5 mts. esperándose que la resistencia a tierra del conjunto sea menor de 15 ohms.

En caso de no obtenerse este valor de resistencia a tierra, se construirá un tercer pozo, respetando la restricción de distancia mínima 4.5 mts., el que deberá conectarse a los dos anteriores.

Los conductores de conexión entre pozos de tierra y de éstos a los tableros de control serán de calibre 1/0.

Sistema de Puesta a Tierra para Alta Tensión:

Las celdas, conteniendo equipo a 10 KV, así como el neutro del transformador 10/60 KV, se conectarán a una malla de tierra construída en la forma mostrada en el esquema adjunto y ubicado en el lugar indicado en planos.

La malla será construída de platinas de cobre de sección no menor a 67 Mm². cubrirá un área de 26 x 14 mts. y estará enterrada a una profundidad de 60 cm. Todas las uniones de la malla serán soldadas.

3.1.10. Tubería de Presión

La tubería forzada será suministrada con el siguiente di seño para trabajar bajo las condiciones siguientes y siguiendo las normas IEC.

- Salto Bruto : 163 mts.
- Salto Neto : 154.2 mts.
- Caudal : 4.3 m³/seg.
- Altitud : 1025 m. s. n. m.
- Diámetro interior : 1.20 mts.
- Espesor mínimo : 10 mm.
- Material : Acero del sistema MANESMANN, cuya carga de rotura está comprendida.
 - Limite de fluencia del acero: 6,500 Kg/cm².
 - Esfuerzo admisible en el acero: 5,500 Kg/cm².
 - Coeficiente de trabajo del acero, K=15 Kg/mm².
- Peso total de la tubería : 207,492.50 Kgs.
- Longitud : 340 mts.

La Tubería llevará un pantalón de distribución con diámetro de 1.20 m. y 0.848 mts. con un ángulo de 90°, para a limentar a las respectivas turbinas.

C A P I T U L O I V

METRADO Y PRESUPUESTO

A. OBRAS CIVILES	MONTO TOTAL (1982) (EN <u>SO</u> LES ORO
1. Obras Preliminares	120.0 x 10 ⁶
2. Vías de Acceso	185.0 x 10 ⁶
3. Campamento	160.0 x 10 ⁶
4. Presa y Obras de Toma	403.0 x 10 ⁶
5. Desarenador	59.0 x 10 ⁶
6. Cámara de Carga	41.0 x 10 ⁶
7. Canal de Aducción	177.0 x 10 ⁶
8. Tubería de Presión	113.0 x 10 ⁶
9. Casa de Máquina	98.0 x 10 ⁶
10. Patio de Llaves	2.8 x 10 ⁶
B. EQUIPO MECANICO	745.0 x 10 ⁶
C. EQUIPO DE HIDROMECHANICO	10.0 x 10 ⁶
D. EQUIPO ELECTRICO	880.0 x 10 ⁶

NOTA:

La Tasa de Cambio utilizada para la conversión en US dólares es de = \$/576.00 al 30 de Marzo de 1982.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se ha elegido la turbina Francis por las siguientes ventajas:

- Mayor número de revoluciones
- Menores dimensiones y menor peso
- Por su mejor costo
- Mayor adaptabilidad para saltos variables en lo que se refiere al nivel del agua en el canal de descarga
- Mayor eficiencia entre el 70% y el 100% de la carga.
- Al agua turbinada se le puede dar un mejor huso si es que se le emplea en irrigar una basta zona propicia para la agricultura en vez de encausarla al río Gera.

Contribuir al desarrollo del sector agropecuario mediante la utilización de la energía eléctrica para el sistema de riego, mediante electrobombas y operación de otros equipos en la transformación de lácteos, preparación de forrajes y pastos, alimentar en los molinos.

- Contribuir a la integración regional y nacional de la población del área de influencia del proyecto, proporcionándoles energía eléctrica durante las 24 horas del día, permitiendo insentivar el consumo de energía eléctrica, que a la vez mejora el nivel de vida y mejora el bienestar de la población.

B I B L I O G R A F I A

- Centrales Hidroeléctricas del Ing. Gaudencio Zoppetti.

- Centrales Eléctricas del Ing. Castel Franchi

- Copias de ITINTEC Estandarización de:
Turbinas Hidráulicas para pequeñas Centrales Hidroeléctricas de
Miguel Benites y Alejandro Vega A.

- Copias de A.E.P., Pequeñas Centrales Hidroeléctricas de Ing.
Isugno Nozaki.

- Copia de Clase de Ing. Hugo Loureiro.