

Universidad Nacional de Ingenieria

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



“ Proyecto de una Minicentral Hidroeléctrica de 120 KW para la Localidad de Quillabamba (Cusco) con fines Agroindustriales ”

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO

JOSE DAVID ARTETA CORRALES

PROMOCION: 1984 - 2

LIMA . PERU . 1991

INDICE

	PAGINA
PROLOGO	009
CAPITULO I	010
INTRODUCCION	
1.1. Objetivos y alcances	010
1.2. Descripción del Proyecto	011
CAPITULO II	012
ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO	
2.1. Generalidades	012
2.1.1 Antecedentes	012
2.1.2 Ubicación Geográfica	014
2.1.3 Aspectos Físicos	015
2.1.4 Aspectos Socio-económicos	015
2.2. Estudios Básicos	026
2.2.1. Hidrología	026
2.2.1.1. Sistema Hidrográfico y Recurso Hídrico	026
2.2.1.2. Analisis del Modelo Hidrológico	028
2.2.2. Evaluación de los Resultados	034
2.2.3. Conclusiones	035
CAPITULO III	040
ESTUDIO DE DEMANDA DE ENERGIA	
3.1. Analisis del Consumo de Energía Eléctrica	040
3.2. Censo de los consumidores de energía eléctrica de la Planta Agroindustrial COCLA.	041
3.3. Oferta actual de energía.	043
3.4. Calculo de la Demanda de Energía de la Planta Agroindustrial COCLA.	044
3.5. Calculo de Potencia en los Bornes del Generador.	049
3.5.1. Potencia Instalada	049
3.5.2. Factor de Demanda.	049

3.5.3. Factor de Simultaneidad.	050
3.5.4. Factor de Reserva.	050
3.6. Conclusiones del análisis del consumo de energía.	051
3.7. Estudios Topográficos y Geotécnicos	052
3.7.1. Reconocimientos Topográficos del Area del Estudio	052
3.7.2. Levantamientos Topográficos	052
3.7.3. Inspección Geológica	053
3.7.3.1. Geomorfología	
3.7.3.2. Estratigrafía	
3.8. Elaboración de planos	055
CAPITULO IV	
INGENIERIA DE LA MINICENTRAL HIDROELECTRICA	056
4. Ingeniería de la M.C.H.	056
4.1. Obras Civiles	056
4.1.1. Diseño y/o Adaptación de las Instalaciones Existentes	056
4.1.1.1. Bocatoma río Chuyapi	057
4.1.1.2. Canal de Aducción	060
4.1.1.3. Desgravador	067
4.1.1.4. Desarenador y Cámara de Carga	068
4.1.1.5. Canal de Furga	073
4.1.1.6. Canal de demasiás y Vertedero	073
4.1.1.7. Obras de Caída	074
4.1.1.8. Casa de Máquinas	075
4.1.1.9. Canal de Descarga	076
4.2. Obras Electromecánicas	079
4.2.1. Selección y Diseño del Equipo Electro- mecánico	079
4.2.1.1. Tubería de Presión	079
4.2.1.2. Dispositivos de Cierre de Seguridad y accesorios.	097
4.2.1.3. Turbina	109
4.2.1.4. Regulador de la Velocidad	123

4.2.1.5.	Reductor de Velocidad y Volante de Inercia	125
4.2.1.6.	Alternador y Tablero de Control	127
4.2.1.7.	Sub-estación de Salida	129
4.2.2.	Disposición del Equipo en la Casa de Máquinas y Esquema de Principios	132
4.2.3.	Sistema de protección y Control	133
4.3.	Especificaciones. Técnicas de Obras de Ingeniería.	137
4.3.1.	Especificaciones Técnicas de la Obra Civil	137
4.3.1.1.	Condiciones Generales	137
4.3.1.2.	Movimiento de Tierras	139
4.3.1.3.	Concreto	141
4.3.1.4.	Obras de Protección	145
4.3.1.5.	Especificaciones Particulares para la Casa de Máquinas.	145
4.3.2.	Especificaciones Técnicas de la Obra Electromecánica	149
4.3.2.1.	Suministro de Materiales y Equipos	149
a.	Condiciones Generales	149
b.	Tubería de Presión	151
c.	Dispositivos de Cierre de Seguridad	153
d.	Turbina	154
e.	Regulador de Velocidad	155
f.	Reductor de Velocidad y Volante de Inercia	155
g.	Alternador y Tablero de Control	156
h.	Celda de Transformación (10 kV)	159
i.	Celda de Salida (24 kV)	160
4.3.3.	Montaje y Pruebas de Equipos Electromecánicos	161
4.3.3.1.	Montaje de Equipos	161
4.3.3.2.	Pruebas y Puesta en Marcha	166
4.3.4.	Metrados y Presupuestos	167

CAPITULO V	
ESTUDIO DE LINEA Y RED DE DISTRIBUCION PRIMARIA	
A 10 KV A LA PLANTA AGROINDUSTRIAL DE COCLA	168
5.1. Memoria Descriptiva	168
5.1.1. Generalidades	168
5.1.2. Alcances del Estudio	168
5.1.3. Descripción del Estudio	169
5.2. Ingeniería de la Red Primaria	170
5.2.1. Cálculos Mecánicos	170
5.2.1.1. Cálculo Mecánico de Conductores	170
5.2.1.2. Cálculo de la Flecha Máxima	172
5.2.1.3. Cálculos Mecánicos de Soportes	173
5.2.1.4. Cálculos de Retenidas	180
5.2.2. Cálculos Eléctricos	180
5.2.2.1. Nivel de Tensión y dimensionamiento	180
de conductores	
5.2.2.2. Nivel básico de aislamiento.	181
5.2.2.3. Coordinación de Aislamiento	186
5.2.2.4. Selección de Aisladores	186
5.2.2.5. Cálculo de Crucetas	188
5.2.2.6. Cálculo de espigas rectas	188
5.2.2.7. Selección de Pararrayos	188
5.2.2.8. Cálculo de resistencia de	189
puesta a tierra	
5.3. Especificaciones Técnicas de la línea	191
 y red de distribución primaria a 10 KV	
5.3.1. Especificaciones Técnicas de Suministro	191
de Materiales.	
5.3.1.1. Condiciones Generales	191
5.3.1.2. Postes de Madera	192
5.3.1.3. Crucetas	193
5.3.1.4. Conductores Eléctricos	195
5.3.1.5. Aisladores y Accesorios	196
5.3.1.6. Equipo de Seccionamiento	198
y Protección	
5.3.1.7. Transformadores	201

5.3.2. Pruebas Finales	201
5.3.2.1. Continuidad	201
5.3.2.2. Aislamiento	202
5.3.2.3. Secuencia de Fases	202
5.3.3. Metrados y Presupuestos	202
CAPITULO VI	
6. EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO	203
6.1. Indicadores Económicos utilizados	203
6.2. Cálculo de Ingresos y desembolsos	207
6.2.1. Depreciaciones y cálculo de ingresos	207
6.2.2. Definición y cálculo de desembolsos	207
6.2.3. Financiación del Proyecto	208
6.2.4. Fuentes de Financiamiento	208
6.2.5. Repercusiones del costo de Financiamiento y del servicio de la deuda sobre la propuesta del Proyecto	208
6.3. Cálculo de Rentabilidad por métodos estáticos	209
6.3.1. Costos comparativos	209
6.3.2. Comparación de anualidad de gastos	213
6.3.3. Cálculo de Rentabilidad	216
6.3.4. Cálculo de Periodo Estático de Amortización	219
6.4. Cálculo de Rentabilidad por metodos Dinámicos	222
6.4.1. Valor de actualidad de Capital (VAN)	222
6.4.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)	226
6.5. Costo de Producción de la Minicentral Hidroeléctrica	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	233
BIBLIOGRAFIA	235
ANEXOS	
PLANOS	

PROLOGO

La evolución de los precios del petróleo en los últimos años ha dado lugar a que surjan una gama de soluciones posibles cada vez más amplias, en especial en el campo de la energía renovables. En particular en el Perú existen condiciones de explotación de tales recursos por tener a disposición condiciones naturales para generación de energía.

En virtud a lo expuesto, se plantea el presente Proyecto como un aporte para solución de estos problemas, proporcionando energía renovable para mediante ella no solo se factibilice una elevación en el standard de vida del poblador rural, sino sobre todo generando actividades productivas tales como la **Agro-Industria**, mediante la cual se elevará los recursos del poblador rural incrementándose sustancialmente el valor agregado de su producción.

Dentro de este marco, el denominado "**Proyecto Minicentral Hidroeléctrica de 120 KW en la localidad de Quillabamba (Cusco) para fines agroindustriales**", no solo es una de las más significativas en términos sociales sino desde el punto de vista económico su efecto demostrativo es grande, puesto que en este proyecto se visualiza muy claramente las ventajas de una Minicentral Hidroeléctrica comparado con la utilización de grupos electrógenos a petróleo, razón por la cual creemos que el proyecto que se presenta constituye el inicio de nuevas etapas en desarrollo de la localidad de Quillabamba específicamente para la central de Cooperativas COCLA, en base a fuentes de energía barata.

CAPITULO I

INTRODUCCION

Quien hoy en día se ocupa de actividades relacionadas con la planificación y ejecución de Proyectos de Desarrollo, se ve casi inevitablemente confrontado con el tema de la energía. En vista de la escases de los recursos energéticos a escala mundial, su uso racional debe constituir una preocupación también en los países en desarrollo

Los aspectos más importantes consisten en conservar a largo plazo las fuentes racionales y utilizarlos adecuadamente, así como en reducir la dependencia del uso indiscriminado del Petróleo. en todos los Proyectos relacionados con la generación o el consumo de energía es cada vez más apremiante la necesidad de seleccionar la forma más conveniente de energía para una demanda dada.

Las alzas desproporcionadas en los precios de la energía han conducido en los últimos años a que se desarrolle mayores esfuerzos por lograr un uso racional de los recursos energéticos disponibles y en especial del petróleo, que ha encarecido en forma desmesurada.

Al mismo tiempo, se han incrementado los esfuerzos por incrementar en forma significativa la oferta de energía, a través del aprovechamiento de fuentes alternativas y renovables, como la energía solar, eólica, biomasa, geotérmica o hidráulica.

1.1. Objetivos y alcances

Los objetivos del presente Estudio son :

Evaluación de las Obras Civiles existentes con miras a su mejoramiento.

- Definición de las Obras Civiles (adaptación de las existentes y obras nuevas) de la M.C.H.
- Definición de las Obras Electromecánicas.
- Definición del equipo electromecánico discutiendo las diferentes alternativas de solución.
- Definición de las Obras de Electrificación.

Los alcances del presente Estudio se refieren a :

Estudios básicos de los recursos hídricos y del mercado eléctrico.

Estudios topográficos y geotécnicos.

Estudio de las Obras Civiles y

Estudio de las Obras Electromecánicas con especificaciones, metrados, presupuestos y planos.

Estudio de Líneas de Transmisión, Subestaciones y Redes Eléctricas (distribución primaria) con especificaciones, metrados, presupuestos y planos.

Nombre Empresarial y del Proyecto :

"COCLA" tiene por denominación: "CENTRAL DE COOPERATIVAS AGRARIAS CAFETERAS DE LA CONVENCION Y LARES" tda Nro. 281

Al proyecto integral de la central se le denominará:

" PROYECTO MINICENTRAL HIDROELECTRICA de 120 KW EN LA LOCALIDAD DE QUILLABAMBA (CUSCO) CON FINES AGROINDUSTRIALES ".

1.2. Descripción del Proyecto

La obra materia del estudio y diseño a nivel de ejecución corresponde a una Minicentral.Hidroeléctrica de 120 kW para la Central de Cooperativas COCLA, con equipamiento electromecánico, la instalación de una línea primaria a 10 kV a la planta agroindustrial que posee en Quillabamba, también el estudio comprenderá una red de distribución primaria al mismo nivel de tensión, hacia las subestaciones de distribución de baja tensión. Se cuenta con una caída bruta 26 m y un caudal de 0,730 m³/s, que es proveniente del río Chuyapi.

CAPITULO II

ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO

2.1. Generalidades

2.1.1. Antecedentes

En los últimos años han subido desproporcionadamente los precios del petróleo y sus derivados, esto conduce a que se miren otras perspectivas de energía y en especial las no convencionales, a través del aprovechamiento de fuentes alternativas y renovables (solar, hidráulica, eólica, etc.)

Esto se observa en nuestro país, cuyo desarrollo económico ve afectado decisivamente por alzas del petróleo y sus derivados pero que al mismo tiempo cuenta con condiciones favorables para el aprovechamiento de recursos energéticos renovables y están dispuestos para su explotación con su enorme potencial de energía renovable.

Sin embargo si los recursos renovables de energía podrían ser utilizados para cubrir un porcentaje significativo la creciente demanda de energía de la zonas rurales del Perú, dentro de un período previsible, es una cuestión que no solo depende de la forma en que se solucionen los problemas que conlleva la intruducción y propagación de tecnologías para el aprovechamiento de tales recursos, sino que será de importancia decisiva que se logren desarrollar sistemas técnicos aptos para producir, cuyas características de construcción y equipamiento garanticen un elevado grado de seguridad operacional y que, en virtud de sus índices de rendimiento y costos, desde el punto de vista económico resulten adecuados para su aplicación extensiva en las zonas rurales del Perú.

Para nuestro caso específico, el beneficiario es la Central de Cooperativas "COCLA" que tiene por denominación "Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras de la Convención y Lares" Ltda. 281, que la integración de 23 Cooperativas Agrarias de Producción y de Servicios

Una de sus funciones principales es la de brindar servicio a sus afiliados como el almacenamiento, pilado y comercialización del Café. Para cumplir con este objetivo, la Central Cocla cuenta con dos (2) grupos electrógenos marca Caterpillar, con funcionamiento independiente cada uno de ellos, los costos de operación y mantenimiento son muy elevados, con un consumo de 30,000 galones anuales de petróleo, tal como es demostrado por la evaluación económica hecha en el Proyecto. En vista de lo anterior se plantea a COCLA la construcción de una Minicentral Hidroeléctrica para reemplazar a los Grupos Electrógenos.

El costo de la Instalación de la Minicentral Hidroeléctrica alcanza la suma de US \$ 209,913, relacionando este costo con el ahorro del combustible y la necesidad de comprar nuevos grupos electrógenos, se obtiene, como se demuestra en la Evaluación Económica, una rentabilidad en favor de la inversión en una Minicentral Hidroeléctrica. Así mismo se tiene un costo de 1750 \$/kW instalado incluyendo red de Sub transmisión, lo cual hace que esta sea una inversión rentable.

Estos índices positivos, acerca de la rentabilidad del proyecto aseguran el financiamiento del mismo; sin embargo es de hacer notar que la rentabilidad social es mucho más alta, por la generación de trabajo, el aumento de la producción y la productividad que incentivarán la agroindustria y el efecto multiplicador de la inversión

Por otro lado COCLA consiguió un contrato con Electro Perú según el cual podría ser proveída con 130 KW, pagando las instalaciones; aunque la intención está dada, Electro Perú no podría abastecer esa energía en corto plazo, puesto que

en la actualidad no puede abastecer de fluido eléctrico a muchos anexos de Quillabamba.

Electro Perú mantiene en Quillabamba una planta térmica de una potencia instalada de 1 422 KW que da como potencia afectiva 880 KW. La planta Hidráulica tiene una potencia instalada de 416 KW. Esa es compartida por 2500 usuarios.

2.1.2. Ubicación Geográfica

El área del Proyecto se encuentra ubicada en la zona de la ceja de selva Peruana, hacia la llanura Amazónica ubicado hacia el Sur Oriente del País.

Políticamente

Distrito : Santa Ana - Quillabamba
Provincia : La Convencion
Departamento : Cusco

Geográficamente

Longitud W : 72° 44'
Latitud S : 12° 53'
Altitud : 950 msnm

El área del Proyecto está comunicado con el resto del Departamento de Cusco a través de la carretera afirmada Quillabamba - Cusco, distando 350 Km de la ciudad del Cusco. La zona de la M.C.H. dista 4 Km de Quillabamba.

COCLA es propietaria de la parcela 500 ex-fundo Santa Ana, donde se encuentran las instalaciones (planta Agro Industrial). COCLA viene funcionando como una Empresa Cooperativa de segundo grado, integrada por cooperativas agrarias de servicio y producción de capital variable e ilimitado.

Unidad ejecutora del proyecto:

La entidad responsable del proyecto es el Convenio Perú-Alemania FROMIHDEC, representada por la CORDE-CUSCO y la GTZ respectivamente.

2.1.3. Aspectos Físicos

La zona del Proyecto está ubicada en un ambiente cálido, húmedo, típico de ceja de selva con temperaturas que varían entre 16°C en temporadas frías, hasta 31°C en verano.

La época de lluvias está concentrada en los meses de Diciembre a Marzo, aunque los demás meses siempre se presentan precipitaciones en menor intensidad. El área del proyecto se halla en una planicie con elementos nutritivos en el suelo y cubiertos de vegetación exuberante, aunque predominan las plantaciones de café cacao y árboles frutales variados.

Los recursos hídricos se presentan en forma de aguadas que afloran a la superficie como resultado de la escorrentía de precipitaciones pluviales, y de deshielos que provienen del contrafuerte Oriental de la Cordillera de los Andes.

2.1.4. Aspectos Socio Económicos

COCLA fue fundada a través de la Reforma Agraria, agrupa 27 Cooperativas tanto de producción como de servicio, 23 de ellas venden su café a través de la central, 18 de las 27 cooperativas son socios activos que colaboran con la administración de COCLA.

Actividades Económicas de COCLA

La actividad principal de COCLA es la comercialización del café. Esto comprende el almacenamiento, la limpieza el pelado y la clasificación del café para la exportación. La calidad menor que ya no es apta para la exportación

llamada "descartes" es tostada y molida directamente para a continuación ser vendida en mercado local. COCLA procesa y comercializa 100 000 hasta 150 000 quintales de café por año aproximadamente.

Actualmente colabora con la junta Nacional de café en la renovación de las plantaciones de café.

Situación actual

La Central de Cooperativas Cocla en la actualidad desempeña la labor de comercialización de café de las cuarenta (40) Cooperativas asociadas a ella, además de la producción de café molido, productos balanceados y taller mecánico .

Acopio de Café

La Central de Cooperativas Cocla acopia café de las diferentes cooperativas socias con el fin de pillar y posteriormente colocarlos en el mercado internacional. Durante los año de 1988 y 1989 el acopio de café fue el siguiente :

TABLA 2.1
ACOPIO DE CAFE (qq)
CENTRAL DE COOPERATIVAS COCLA

MESES	1988	1989
Marzo	316,28	1 689,50
Abril	1 579,27	5 452,70
Mayo	7 287,29	19 287,92
Junio	43 201,25	57 390,58
Julio	23 277,46	35 734,46
Agosto	32 369,19	49 750,50
Setiembre	9 238,75	29 332,60
Octubre	1 536,40	7 240,00
Noviembre	1 198,63	5 560,50
Diciembre	1 624,01	4 845,80
Total	121 628,53	216 284,78

Fuente : Estadísticas Cocla.

La campaña de acopio se inicia en Marzo aunque en menor escala se va intensificando hasta el mes de Agosto, periodo después del cual vuelve a bajar.

De acuerdo a información del Ministerio de Agricultura, la producción del área de Quillabamba, Huayopata y Kiteni (área de influencia de Cocola) representa entre el 70% y 71% del total de la producción del departamento del Cusco.

TABLA 2.2
PRODUCCION DE CAFE

qq
(87-89)

AÑO	DEPARTAMENTAL		AREA DE INFLUENCIA	
	SUPERFICIE	PRODUCCION	SUPERFICIE	PRODUCCION
87	31 590	17 342 910	22 113	12 140 037
88	33 262	16 897 096	23 283	11 827 764
89	33 941	15 850 447	25 455	11 887 480

Fuente: Ministerio de Agricultura Zonal Quillabamba
Banco Central de Reserva Sur Cusco.

Notándose un incremento de superficie cultivada y un deterioro del rendimiento (-15%) en los últimos años, a causa de falta de cuidado en las plantaciones, falta de abono.

Pilado de Café

El proceso de pilado de café se realiza durante los meses de Abril a Diciembre, pudiendo nominarse como meses punta a los meses de Julio y Agosto. En el año de 1988 mediante el proceso del pilado obtuvo un producción de 65 733 qq de café de exportación y 5 173,35 qq de café descarte. El año de 1989 a la fecha se tiene de café exportación y de café descarte.

TABLA 2.3
PILADO DE CAFE CENTRAL DE COOPERATIVAS COCLA
1988

MES	CAFE EXPORTACION (qq)	CAFE DESCARTE (qq)
Abril	1 516	229
Mayo	876	134
Junio	6 774	775
Julio	13 302	1 026
Agosto	12 824	1 025
Setiembre	13 079	794
Octubre	7 008	472
Noviembre	4 865	297
Diciembre	5 495	418
TOTAL	65 739	5 170

Del 100% del café pergamino, el 75% es considerado para café de exportación y el 25% café descarte y deshechos. En función a ello, al comparar la producción de café de exportación y café descarte con el volumen acopiado, se nota una diferencia de 41% de lo cual el 15% se explica que son deshechos.

Para el proceso de pilado se emplean dos (2) grupos de máquinas (piladoras) denominadas Apolo I y Apolo II que comprenden cámara de carga, seleccionadora (de deshechos), piladora, seleccionadora (café exportación y descarte) balanzas, maquinarias de coser. Las piladoras son accionada por un motor Diesel. El rendimiento máximo obtenido por las piladoras Apolo I y Apolo II son los siguientes :

TABLA 2.4
RENDIMIENTO MAXIMO DE PILADORAS DE CAFE (en qq)

RUBRO	APOLO I	APOLO II	APOLO I+II
por hora	20,4	14,7	35,1
For jornada de 8 hrs,	163,2	117,6	280,8
For mes(23 jornadas)	3 753,6	2 704,8	6 458,4

Fuente : Estadísticas Cocla

Producción de café tostado y molido

Otra de las líneas de producción es la de elaboración de café tostado y molido, en la cual se emplean a cinco (5) trabajadores. Su producción fue la siguiente :

TABLA 2.5
PRODUCCION DE CAFE TOSTADO Y MOLIDO
CENTRAL DE COOPERATIVAS COCLA

MES	1988 (Kg)	1989 (Kg)
Enero	6 375	11 958
Febrero	8 007	12 752
Marzo	7 225	9 423
Abril	7 870	10 431
Mayo	6 922	11 549
Junio	5 314	8 957
Julio	12 716	
Agosto	23 650	
Setiembre	24 545	
Octubre	9 453	
Noviembre	17 690	
Diciembre	6 234	
TOTAL	136 101	65 070

Para el año de 1989 se nota un mayor incremento de la producción (55% para el período Enero-Junio 89), con lo cual se explica que la producción de café molido guarda relación con la disponibilidad de materia prima y no responde a un plan de ventas, pues para el último año la relación de producción/venta es de 2/1, frente al anterior que fue 14/1.

Elaboración de pasta pura de cacao

La elaboración de pasta pura de cacao que comprende desde la adquisición de materia prima hasta la puesta en venta del producto, se muestra en el cuadro siguiente :

TABLA 2.6
PRODUCCION DE PASTA PURA DE CACAO (en qq)
CENTRAL DE COOPERATIVAS COCLA

MES	PRODUCCION 1988	PRODUCCION 1989
Enero	683	404
Febrero	432	107
Marzo	909	169
Abril	357	183
Mayo	346	308
Junio	673	239
Julio	368	
Agosto	1 276	
Setiembre	896	
Octubre	1 120	
Noviembre	1 029	
Diciembre	532	
TOTAL	9 220	1 410

Fuente : Estadísticas Cocla.

Producción de Alimentos Balanceados

En base a deshechos, maíz y chamba la Central de Cooperativas Cocla elabora alimentos balanceados. Esta producción está destinada al consumo interno de Quillabamba, según se muestra :

TABLA 2.7
PRODUCCION DE ALIMENTOS BALANCEADOS
CENTRAL DE COOPERATIVAS COCLA
(kg)

MES	PRODUCCION 1988	PRODUCCION 1989
Enero	2 472	3 015
Febrero	1 307	2 283
Marzo	2 259	4 780
Abril	2 822	7 483
Mayo	2 347	9 085
Junio	3 406	
Julio	6 332	
Agosto	4 392	
Setiembre	3 931	
Octubre	4 203	
Noviembre	2 000	
Diciembre	798	
TOTAL	36 269	26 646

Organización

La Central de Cooperativas Cocla está conformada por 40 Cooperativas Agrarias de Servicios, las cuales acopian el producto y lo derivan a Cocla para el pilado y comercialización.

Gestión administrativa

La gestión administrativa de la empresa es buena, posee personal idóneo, con amplia experiencia en la administración de empresas agropecuarias y de comercialización.

Recursos:

a. Humanos

Población total	64
Población ocupada	64
Nivel de empleo	100 %

b. Cuadro técnico

CARGO	PROFESION	EXPERIENCIA
Gerente	Ing. Agrónomo	4 años
Contador	C.F.C.	5 años
Jefe Dpto Técnico	Ing. Agrónomo	5 años
Ddto. sistemas	Economista	3 años
Auditor Interno	C.F.C.	7 años
Asesor	Medico Vet.	15 años
Asesor Economista	C. F. C.	15 años
Asesor Legal	Abogado	15 años

c. Libros Contables

Sus libros Contables se encuentran al día, contando con planillas de sueldos y salarios, Caja, Mayor, Registro de Compras y de Ventas.

d. Capacidad Instalada

RUBRO	UNIDAD	MATERIAL	CAPACIDAD	AÑOS
Oficinas	10	Noble	350 m ²	11
Almacenes	04	Noble	4 161 m ²	11
Talleres	02	Noble	90 m ²	11
Filadoras Café	02	Apolo	80 sac/hr	09
Generador	02	Caterpillar	300 KW	10
Tostadora Café	01	Riar	200 kg/hr	04
Peletizadora	01		100 kg/hr	11
Silo de granos	01	Fierro	200 T/h	11
Tractor	01	Ferguson	75 HP	10
Camioneta	02	Datsun	1 000 kg	01

Situación energética

El estudio de la demanda de energía eléctrica que se desarrolla en el siguiente capítulo relacionado con las instalaciones agroindustriales, maestranza y otros servicios con que cuenta la Central de Cooperativas es de fundamental importancia ya que de ello depende la localización y el aspecto económico y financiero

La demanda actual de energía se estableciera de acuerdo a los requerimientos de las siguientes plantas:

a. Planta de procesamiento de Café

La misma que cuenta en la actualidad con dos plantas de igual capacidad de producción dedicada a la limpieza, pilado y clasificación del café, dejando el producto apto para la exportación.

b. Planta de procesamiento y Elaboración de Pasta de Cacao

El tiempo de producción y funcionamiento de ésta máquina es de todo el año, periodo durante el cual se elabora pasta de cacao, se producen los sgtes. procesos:

Clasificado
Tostado
Molido y refinado
Mezclado y batido
Congelado y Empastado.

c. Planta Procesadora de alimentos balanceados

Esta planta produce alimento balanceado para las granjas y ganadería de la zona. Producen concentrado para ganado vacuno, porcino y otros, así como alimentos para aves. La planta está conformado por los sgtes. equipos cada una accionada por sus respectivos motores eléctricos:

Moledora de granos
Mezcladora
Piladora
Peletizadora y otros.

d. Taller de maestranza

Se dedica a realizar el mantenimiento de las diferentes maquinarias agroindustriales y vehículos con que cuenta la central, así como la fabricación de pequeñas maquinarias agrícolas como despulpadoras de café, molinos, etc. contando para ello equipamiento como torno, compresoras, esmeril, taladro de banco, equipos de soldadura y otras herramientas.

e. Planta de Café molido

Planta que efectúa un proceso muy lucrativo ya que utiliza el café de descarte del proceso depilado para la elaboración del café molido que es de consumo local. cuenta con una planta completa de procesamiento la misma que selecciona, tuesta, enfria y muele el café para luego ser embolsado en forma manual.

f. Servicio de Iluminación

Se toma en cuenta la iluminación de los diferentes ambientes oficinas y locales con que cuenta la central COCLA.

g. Ampliación futura de las plantas agroindustriales

Se prevé en un futuro próximo, ya contando con energía proveniente de la Minicentral Hidroeléctrica, la ampliación y/o creación de otras plantas nuevas como son:

- Elaboración de chocolate a base de cacao
- Secadora de cacao accionada por un generador térmico
- Secadora de café accionada por un generador térmico.

Oferta de energía

Para cubrir su requerimientos de energía eléctrica COCLA cuenta con dos grupos Diesel (Caterpillar) de 210 y 90 KW, los cuales no pueden ser conectados en paralelo hecho que disminuye la capacidad instalada.

Por otra parte el costo del petroleo resulta muy caro para COCLA por lo cual se solicitó a Electro Perú la provisión de energía Eléctrica con resultados negativos en vista que en la actualidad la ciudad de Quillabamba tiene un déficit de energía eléctrica.

Costos

El consumo actual de petroleo por los grupos electrógenos es de aproximadamente 22 270 galones al año. Este consumo a sido calculado en base a los registros contables de las compras de petroleo para los grupos electrógenos. El valor del petroleo consumido es calculado según el volumen y su precio puesto en Quillabamba.

TABLA 2.8
CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y ACEITE CENTRAL DE COOPERATIVAS
COCLA 1988

MES	ENERGIA PRODUCIDA kW/h	CONSUMO DE PETROLEO Glns.	CONSUMO DE ACEITE Glns.
Junio	5 503	1 296	08
Julio	11 511	2 193	10
Agosto	14 955	2 429	10
Setiembre	15 305	2 319	10
Octubre	4 816	749	10
Noviembre	5 475	787	10
Diciembre	4 810	770	10
TOTAL	62 375	10 543	68

Incidencia económica

El valor del petróleo consumido por COCLA tiene una fuerte incidencia en su marcha económica. En efecto mientras que el precio del café se ha mantenido más o menos estable en el mercado mundial (al rededor de US \$ 4,00 el kilogramo para el café tipo Colombiano) el precio de los combustibles, entre ellos el petróleo han subido a un ritmo mucho mayor, no solo que el de la inflación sino mucho mayor.

De allí que mientras el costo del petróleo representó unicamente 16% del costo total del procesamiento del café en los años 82 al 84, el 40% del costo de la campaña de los años 85,86 y a la fecha llega a constituir hasta un 60 % de los costos totales superando así este rubro todos los otros juntos (sueldos, salarios, mantenimiento, repuestos etc.).

Alternativa de solución

Efectuando un exhaustivo analisis técnico y sobre todo económico se encontró que la energía eléctrica resulta para COCLA la menos costosa de todas, inclusive de aquella de ELECTRO SUR ESTE pueda proporcionar con la energía proveniente de la ampliación de la Central Hidroeléctrica

de Machupicchu, debido al hecho de que mientras se efectivice dicho aprovisionamiento, transcurran doce meses, período en el cual COCLA tendrá que gastar una suma superior a la de en petróleo para seguir haciendo funcionar sus grupos electrógenos y luego tendrá que efectuar una nueva erogación de dinero muy elevada para realizar las instalaciones necesarias de interconexión incurriendo así en un gasto anual superior al que demandaría una Minicentral Hidroeléctrica que cubre la demanda media actual, fuera de que el costo de operación y mantenimiento anual de la Minicentral es sumamente reducido lo que no sucederá con las tarifas de electricidad que se han incrementado a mayor ritmo que la de los combustibles cuyo costo anual resultaría incluso mayor que el del petróleo para COCLA.

En base a las consideraciones expuestas anteriormente y de acuerdo a la mayor demanda proyectada por efecto de una ampliación del orden del 40% de la producción de café molido, se ha calculado que será necesario reemplazar sus equipos termoeléctricos por una Minicentral Hidroeléctrica que tenga una potencia superior a la de dichos equipos (120 KW).

2.2. Estudios Básicos

2.2.1. Hidrología

2.2.1.1. Sistema hidrográfico - Recurso hídrico

La cuenca de aprovechamiento hídrico pertenece a la hoya hidrográfica del Vilcanota, el riachuelo de interés es el Chuyapi, los cuales forman parte del sistema de tributarios del río Alto Urubamba. El recurso hídrico se caracteriza por ser de régimen pluvial y la cuenca en su parte superior tiene buen rendimiento hídrico. Las fuentes de agua para el Estudio son el riachuelo Chuyapi, afluente del río Alto Urubamba.

En general el riachuelo que servirá como Recurso Hidrico para el presente estudio presenta un régimen irregular coincidiendo las avenidas con el período de máximas precipitaciones que ocurren entre los meses de Diciembre a Marzo, aunque por el régimen pluviométrico irregular, se pueden presentar avenidas en cualquier mes del año.

Riachuelo de aproximadamente 7,2 Km de recorrido desembocando en el río Alto Urubamba con un área tribuaria hasta la ubicación de la bocatoma de aproximadamente 2,4 Km², su caudal aforado en el mes de Agosto del 89 fue de 2,5 m³/s.

Clima

El clima en la provincia de La Convención que está ubicada en el macizo cordillerano, se caracteriza por la variedad de microclimas, en razón de ser influenciado tanto por el régimen oriental húmedo como el occidental seco.

La altura sobre el nivel del mar representa otro factor decisivo para el clima local. Generalmente se puede clasificar el clima regional como tropical megatérmico semi-húmedo con precipitaciones anuales entre 1 000 y 2000 mm. La variación estacional de las lluvias es predominantemente del tipo cenital con un máximo en Enero o Febrero, siendo relativamente seco el invierno. La temperatura media del aire tiene poca variación estacional. Siendo cerca de 24 °C a 900 msnm., este parámetro se incrementa inversamente con la altitud en razón de un gradiente adiabático húmedo de aprox.- 0,4 °C cada 100 m. La variación diaria de temperatura mínima y máxima es de unos ± 8 °C de la temperatura promedio, o menos en condiciones húmedas. La humedad relativa se establece entre 60 y 90 % según la época o bien la pluviometría.

En el siguiente cuadro promedios anuales compilados de datos disponibles se confirma lo arriba mencionado. La

variación anual de la lluvia en esta estación se muestra en el gráfico 1 de precipitaciones medias, máximas y mínimas mensuales observadas.

TABLA 2.9
CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS

Estación	Lat.	Long.	Alt.	T	HR	F	Periodo
SENAMHI	S	W	m.s.n.m.	°C	%	mm/a	regist.
Quillabamba	12°53'	72°44'	950	23,3	69	993	1964-80

2.2.1.2. Análisis del modelo hidrológico

Caudales (Recurso hídrico)

En la región del Proyecto no se cuenta con ninguna estación hidrométrica de los ríos pequeños como el que se utilizará para la producción energética, y los datos disponibles del Río Vilcanota pueden servir solamente para una estimación del coeficiente de escurrimiento promedio.

La altura de la lluvia en su distribución a lo largo del año representa el parámetro clave de los recursos hídricos terrestres, teniendo presente que solamente una parte de la precipitación recibida por una cuenca hidrológica se transforma directamente en escurrimiento superficial y por consecuencia en caudal directo en los cauces de los ríos, otra parte se infiltra en el suelo y en las aguas subterráneas para llegar al río con retraso (por ejemplo como caudal de estiaje) y una tercera parte será restituida directamente a la atmósfera por evapotranspiración sin contribuir al recurso hídrico del cauce. Estas pérdidas se pueden asumir en aproximadamente el 50% de la lluvia total en todo el área de la cuenca, en consecuencia corresponderá a un coeficiente de escurrimiento promedio de $CE = 0,5$.

Los componentes del modelo hidrológico para la estimación del escurrimiento específico para cualquier mes se constituyen de acuerdo a la función de almacenamiento que es representada por la ecuación matemática del reservorio lineal con una constante de $K=1,5$ meses; lo que significa que habiendo recibido la cuenca una cantidad de lluvia (cada mes el 50% de la lluvia total) el reservorio entrega mensualmente la mitad de su contenido. Estos resultados se muestran en las figuras 2.2 y 2.2.

De acuerdo a este modelo hidrológico en caudal específico en $l/(s, Km^2)$ para cada mes resulta como sigue:

$$q_i = \frac{P_i \frac{CE \times 10^6}{30 \times 24 \times 3600} + (k - 0,5 \Delta T) q_{i-1}}{k + 0,5 \Delta T} \quad (2.1)$$

Donde :

q_i = Caudal específico en un mes en $l/(s, Km^2)$

P_i = Precipitación en el mismo mes en mm.

CE = Coeficiente de escurrimiento (0,5)

ΔT = Intervalo de tiempo (1 mes)

K = Constante de almacenamiento (1,5 meses)

Reemplazando valores para el presente caso resulta la siguiente ecuación:

$$q_i \approx 0,1 P_i + 0,5 q_{i-1} \quad l/(s, Km^2) \quad (2.2)$$

Por lo cual se calcularon los valores mensuales de escurrimiento específico correspondientes a los datos pluviométricos de la estación de Quillabamba como se presenta en el cuadro 2.11. Las variaciones anuales tales como las diferencias entre los caudales de los diferentes años son considerables.

Para poder apreciar la disponibilidad del caudal se calculó para un rango del valor del cuadro de frecuencia,

o sea el porcentaje de tiempo en que el caudal específico indicado es igualado o superado.

Dado que en los primeros seis meses del año calendario la demanda de energía está mayor que en los demás, se debe efectuar este cálculo de "curvas de duración" en forma numérica también para estos dos periodos del año. Los resultados se presentan en el cuadro 2.12.

Multiplicando valores de ocurrencia típica o de seguridad por la área de cuenca estimada del mapa, resulta valores correspondientes de caudales aprovechables. Este cálculo se hizo para la zona del valle de La Convención como se detalla en el cuadro 2.13. La comparación con valores de caudales aforados en los meses de Julio y Agosto de 1984 confirman los cálculos en su orden de magnitud.

Para el diseño de la Minicentral se recomienda la consideración de un porcentaje de seguridad de aproximadamente 80 %.

Crecidas

La planificación y el diseño de barrajes, bocatoma, canal, casa de máquinas, etc. requiere conocimientos de descargas y niveles máximos de agua asociados a periodos estadísticas de retorno. Por falta de registros hidrométricos correspondientes se efectuaron estimaciones en base a relaciones empíricas.

Relación Lluvia - Crecida

Para efectuar una estimación del caudal de crecida en base a la lluvia de avenida, se analizó los valores de precipitación máxima diaria de cada año para la estación pluviométrica mencionada.

Utilizando la función generalizada de frecuencias

$$P_T = P + K_T S \quad (\text{mm}) \quad (2.3)$$

Donde :

P_T = Precipitación máxima diaria con el periodo de retorno de T años.

P = Valor promedio de la precipitación

S = Desviación standard de la serie de extremos

K_T = Factor de frecuencia según ley de Gumbel y se calcula como sigue:

$$K_T = -0,45 - 0,78 \times \text{Ln Ln} (T/(T-1)) \quad (2.4)$$

Los datos analizados para la estación de Quillabamba, los parametros estadísticos y valores de lluvia diaria extrema para varios periodos de retorno, se muestran en el Cuadro 5 y las curvas de frecuencia.

Tiempo de Concentración

El tiempo de concentración, o sea de la propagación del agua de lluvia a través de la cuenca se estimó según la ecuación empírica:

$$T_c = X \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,333} \quad (\text{horas}) \quad (2.5)$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración : Duración del recorrido de concentración del agua, desde la divisoria de la cuenca hasta el punto de interes (bocatoma) en horas.

L = Longitud del curso de agua desde la divisoria de la cuenca en Km.

ΔH = Diferencia de elevación en metros

X = Factor de calibración estimado = 2

Para estimar caudales de pico se asumió lo siguiente:

- Los hidrogramas de crecida tienen forma triangular.
- El tiempo del inicio al pico corresponde al tiempo de concentración.

- El tiempo de base es igual a 4 veces el tiempo de concentración .
- La lluvia crítica tiene una duración igual al tiempo de concentración .
- La altura pluviométrica para la duración d (horas) se calcula según la ecuación empírica de la lluvia extrema diaria F_{24}

$$F_d = F_{24} \left(\frac{d}{24} \right)^{0,25} \quad (\text{mm}) \quad (2.6)$$

- El factor de escurrimiento es como antes 50 %.

Caudal Máximo de Avenida

El caudal máximo de avenida se calcula con la fórmula:

$$Q_p = \frac{2 F_{TC} A CE}{4 T_c 3,6} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (2.7)$$

Donde:

Q_p = Caudal máximo de avenida en m^3/seg

F_{TC} = Lluvia crítica en mm

A = Area de la cuenca hasta el punto de interés (bocatoma) en Km^2 .

T_c = Tiempo de concentración en horas

CE = Coeficiente de escurrimiento = 0,5

2.2.2. Evaluación de los Resultados

Para la región del Proyecto se cuenta con registros muy limitados de datos hidrometeorológicos. Una parte de las estaciones meteorológicas antes operadas han sido abandonadas y las pocas estaciones hidrométricas se encuentran en los grandes ríos Vilacanota y Urubamba, dando poca información sobre los regímenes de escurrimiento en los riachuelos locales.

2.2.3. Conclusiones

Es posible asegurar un caudal mínimo seguro del río Chuyapi de $2,5 \text{ m}^3$ que aseguran un normal funcionamiento de la Minicentral materia del presente Proyecto.

Para efectos de máximas avenidas en función a los valores calculados se tendrá presente para el diseño de las estructuras un periodo de retorno de 10 años con lo que las máximas avenidas probables para el río Chuyapi, en la zona de la bocatoma sería de 15 m^3

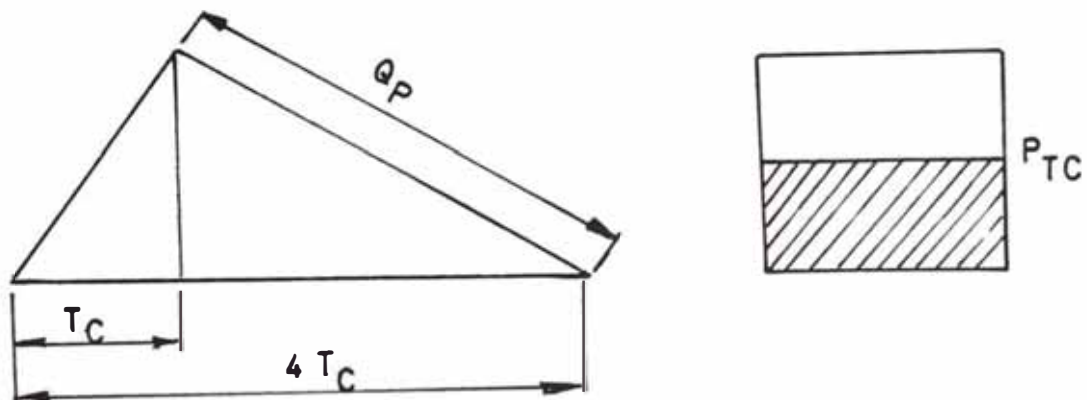


TABLA 2.10

Escorrentamiento específico promedio mensual en
l/(s·km²) estimado para el Valle de La Convención

	1965	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77
ENERO	22	19	21	32	26	32	28	26	32	35	18	34	21
FEBRERO	29	24	23	33	23	22	33	27	32	37	30	36	30
MARZO	34	21	33	32	27	31	29	26	31	27	28	29	30
ABRIL	27	13	20	22	24	27	20	18	28	26	21	24	18
MAYO	14	11	12	12	17	20	14	12	19	14	15	15	13
JUNIO	7	6	7	6	16	12	12	6	11	8	9	8	7
JULIO	8	5	9	6	9	8	6	4	9	7	6	4	8
AGOSTO	6	4	8	8	6	5	4	10	11	10	5	8	4
SEPTIEM.	15	6	8	8	6	6	9	8	11	8	10	16	7
OCTUBRE	19	17	12	12	8	12	9	8	14	13	12	11	7
NOVIEMBRE	17	20	12	17	15	12	12	20	21	11	16	8	15
DICIEMBRE	27	23	18	22	22	26	15	24	33	12	27	17	21

TABLA 2.11

Porcentaje de tiempo con escorrentamiento específico
mayor o igual que q (curvas de duración), Valle de
La Convención

q en l/(s·km ²)	Año promedio	Enero-Junio	Julio-Diciembre
4	100	100	100
5	97	100	94
6	95	100	90
7	88	96	79
8	84	92	76
9	74	90	59
10	71	88	53
11	69	88	49
12	65	86	44
13	56	79	33
14	54	77	32
15	52	73	31
16	48	71	26
17	46	69	23
18	43	68	18
19	40	64	17
20	38	62	15
22	31	53	10
24	26	46	6
26	24	42	5
28	16	31	1
30	12	23	1

Ejemplo: Escorrentamiento específico mínimo disponible 80 % del tiempo.
Año promedio 8.4, Enero-Junio 12.9, Julio-Diciembre 6.9 l/(s·km²)

TABLA 2.12

CAUDALES MEDIOS MENSUALES DE DIFERENTE SEGURIDAD DE OCURRENCIA
VALLE DE LA CONVENCIÓN

LUGAR	RIO	AREA (Km ²)	CAUDAL MEDIO MENSUAL DE 1/e DE SEGURIDAD DE						AFORADO	
			100 % ANUAL	80 % ANUAL	80 % ENE-JUN	80 % JUL-DIC	50 % ENE-JUN	50 % JUL-DIC	JULIO 1984	AGOSTO 1984
QUILLABAMBA	CHUYAPI	110	440	924	1 420	759	2 519	1 198	1 000	-

TABLA 2.13

CAUDALES MAXIMOS Qp DE DIFERENTES PERIODOS DE
RETORNO, COMPARACION CON CRECIDAS DIARIAS Qm
SEGUN ANALISIS REGIONAL.

T	QUILLABAMBA
L (Km)	18
AH (m)	1 800
Tc (h)	3
A (Km ²)	110
t = 2 Años:	
P (mm)	23
Qp (m ³ /s)	59
Qm (m ³ /s)	34
t = 10 Año:	
P (mm)	34
Qp (m ³ /s)	87
Qm (m ³ /s)	61
t = 25 Año:	
P (mm)	39
Qp (m ³ /s)	99
Qm (m ³ /s)	77
t = 100 Añ:	
P (mm)	47
Qp (m ³ /s)	119
Qm (m ³ /s)	100

TABLA 2.14

PRECIPITACION MENSUAL (1964 - 1979)
ESTACION QUILLABAMBA

MES	P (mm) MAXIMA	P (mm) MEDIA	P (mm) MINIMA
ENER.	225	160	95
FEBR.	205	150	65
MAR.	210	145	95
ABR	125	70	25
MAY.	60	40	5
JUN	70	10	1
JUL	50	25	1
AGOS	85	30	5
SET	120	50	5
OCT	135	65	20
NOV	155	85	25
DIC	225	145	65

TABLA 2.15

Estación Quillabamba
Valores máximos anuales de precipitación diaria
medidos 1965 - 1981

T	P
1.05	= 30.0
1.12	= 30.6
1.20	= 33.4
1.28	= 35.0
1.38	= 35.0
1.50	= 35.7
1.63	= 38.0
1.80	= 38.1
2.00	= 38.7
2.25	= 39.5
2.57	= 40.2
3.00	= 40.2
3.60	= 41.0
4.50	= 42.4
6.00	= 42.5
9.00	= 42.7
18.00	= 84.0

T = Período de retorno en años

P = lluvia de 24 horas en mm

Valor promedio \bar{P} = 40.4

Desviación standard S = 11.9

Relación de lluvia diaria - frecuencia según Gumbel:

T	P
1.01	21
2	38
5	49
10	56
25	65
100	78
1.000	99

CAPITULO III

ESTUDIO DE DEMANDA DE ENERGIA

3.1. Análisis del consumo de energía eléctrica

Se necesita averiguar con anticipación los requerimientos en energía de la M.C.H. para determinar su capacidad adecuada. Para este proposito procedemos como sigue:

Censo de los consumidores de Electricidad de la planta agroindustrial.

Número de plantas Agroindustriales y Demanda industrial de Energía.

Censo de máquinas eléctricos (motores)

Alumbrado

Taller de Maestranza

Máquina eléctricamente accionados.

Número de edificios de Administración y de plantas Agroindustriales para alumbrado.

Oficinas

Almacenes.

Talleres.

Longitud de calles.

También es necesario estimar los nuevos consumidores de energía en un futuro próximo, como son ampliación de plantas Agroindustriales y otros. En la estimación de demanda energética se considera todo consumidor puntual y se calcula su máxima demanda Eléctrica. El suministro de energía a partir de la M.C.H. se hace sin embargo para cubrir las necesidades de múltiples consumidores de energía y por eso se tomará en cuenta los períodos de tiempo y lapsos de conexión de las máquinas consumidoras de energía con la red eléctrica. Teóricamente cada máquina consumidora individual tiene su propia curva características de demanda. Varias curvas solapadas darían

una curva global de demanda (ver grafica de carga diaria). Con el propósito de establecer esta grafica conjunta (global) será necesario sumar los contenidos de todas las curvas energéticas, puntuales aislados para no totalizar los valores de demanda de punta. Por lo tanto se denomina la proporción entre los valores de punta de la curva global F_{max} . y los valores de punta de las curvas aisladas (suma de conexiones)

$$F_s = \frac{F_{max}}{F_{i\ max}} \quad (3.1)$$

3.2. Censo de los consumidores de energía eléctrica de la planta agroindustrial de COCLA

a. Planta de Elaboración y procesamiento de Café

COCLA cuenta en la actualidad con dos plantas de igual capacidad de producción dedicados a la limpieza, pilado y clasificado del café, apta para la exportación, contando cada planta con la sgte. maquinaria :

	1ra Planta (Apolo N°1)	2da Planta (Apolo N°2)
Piladoras	01 motor 45,0 HP	01 motor 45,0 HP
Vibradoras seleccionadas	03 motor 12,0 HP	01 motor 9,0 HP
Elevadores de cangilones	08 motor 2,4 HP 04 motor 1,5 HP	02 motor 3,6 HP 07 motor 2,4 HP
Aspiradoras	02 motor 4,8 HP	02 motor 4,8 HP
Sarandas	01 motor 3,6 HP	01 motor 0,5 HP 01 motor 2,0 HP
Total potencia	113,4 HP (84,5 KW)	96,1 HP (71,6 KW)
Total potencia instalada:	156 KW	

b. Planta de Tostado de Café

Cuenta con una planta de Tostado de café automático (Brasil) que alimenta, tuesta, enfría, luego el café tostado es enviado a un molino para por último ser envasado en forma manual.

Cuenta con las siguientes maquinarias que funcionan por 07 horas diarias durante todo el año.:

Alimentador	01 motor de 5,0	CV
Tostador	01 motor de 2,0	CV
Agitador	01 motor de 1,5	CV
Ventilador	01 motor de 5,0	CV
Molino	01 motor de 7,5	CV
Caldero	01 motor de 1/3	CV
Sopladora	01 motor de 4,0	CV
Saranda	01 motor de 2,38	CV
Tota potencia instalada (placa de motores)		27,7 CV (20,4 KW)

c. Planta de Procesamiento y Elaboración de Pasta de Chocolate

El tiempo de funcionamiento es de 09 meses al año.

Cuenta con diferentes equipos que trabajan independientemente y que tienen las siguientes potencias.:

Moledoras	03 motores de 6,6	HP
Ventilador	01 motor de 2,4	HP
Chancadoras de martillo	01 motor de 3,6	HP
Molinos	02 motores de 12 y 3.6	HP
Tostadoras	01 motor de 2,3	HP
Congeladora	01 motor de 0,5	HP
Total Potencia instalada (placas)		44,20 HP (33 KW)

d. Planta Procesadora de Alimentos Balanceados

Opera en forma discontinua durante el año aproximado de 3 a 4 meses por año y nunca en forma continua.

Esta formado por la siguientes maquinarias:

3 chancadoras	01 motor de 12,0	HP
	01 motor de 20,0	HP
	01 motor de 25,0	HP
4 elevadores	02 motores de 3,0	HP
	01 motor de 5,4	HP
	01 motor de 1,9	HP
1 Multiprensa	01 motor de 25,0	HP
1 Ventilador	01 motor de 3,9	HP
Total Potencia instalada (placas)		99,2 HP (74 KW)

e. Taller de Maestranza

Dedicada ha hacer servicios de mantenimiento a las diferentes máquinas Agroindustriales y vehículos con que cuenta COCLA y a la fabricación de pequeñas herramientas agrícolas como por ejemplo: despulpadoras de café, desgranadores de achote etc. Para estos objetivos cuenta con los siguientes equipos eléctricos:

Equipos Eléctricos	Potencia
01 Compresora de aire de 100 lb.	1,0 HP
01 Torno devanado	3,0 HP
02 Esmeril de Banco c/u de	1/3 HP
03 Máquina de soldar c/u de	4,0 HP
01 Taladro de Banco	1/2 HP
03 Taladro manual c/u de	1/3 HP
02 Máquina esmeril manual c/u de	1/3 HP
Total Potencia instalada (de Flaca)	18,8 HP (14 KW)

f. Servicio de Iluminación:

COCLA cuenta con local propio donde están ubicados las oficinas y ambiente para el funcionamiento de la planta, así cuenta con:

- 10 Oficinas
- 05 Almacenes
- 02 Talleres
- 01 Auditorio
- 01 Ambiente para las 2 plantas de procesamiento de café
- 01 Ambiente para planta de alimentos balanceados
- 01 Ambiente de motores
- Otros (cafetín, porteria, etc.)

Se estima una potencia total instalada de 6 KW

3.3. Oferta actual de energía

Para cubrir sus requerimientos de energía Eléctrica, COCLA cuenta con 02 grupos DIESEL (Caterpillar) de 210 y 90 KW, los cuales no pueden ser conectados en paralelo, hecho que disminuye la capacidad instalada de Energía Eléctrica.

Estos dos grupos Diesel marca Caterpillar tienen las siguientes características técnicas:

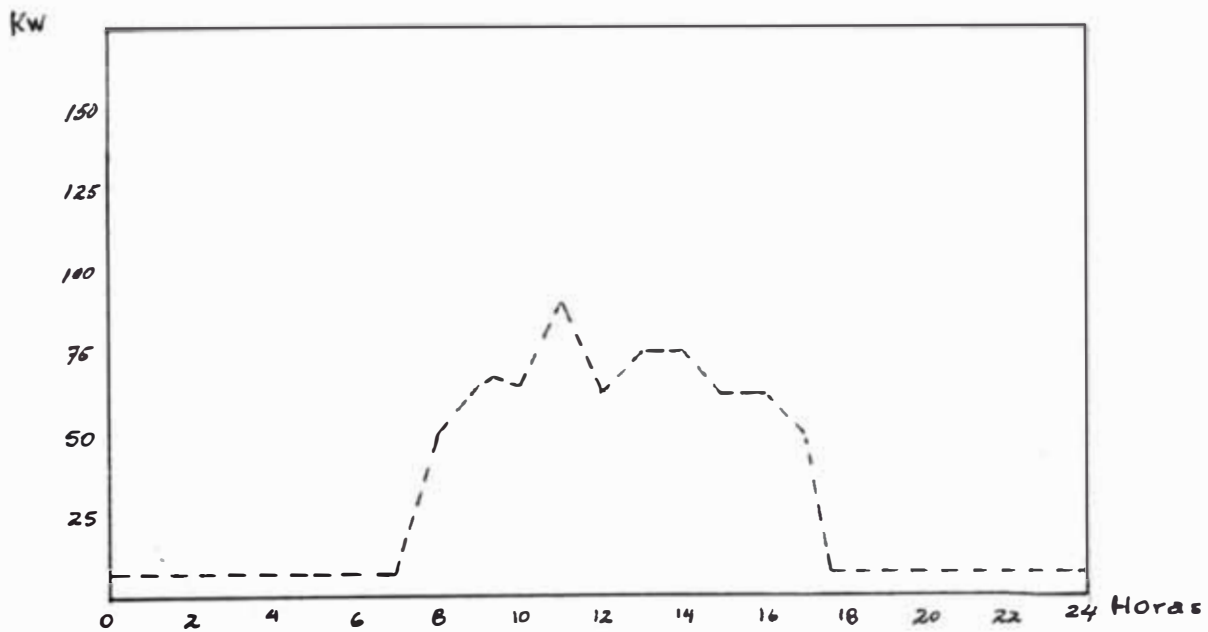
Grupo N° 1	Grupo N° 2
CATERPILAR mod.3406 210 KW (placa)	90 KW (placa)
Cos ϕ = 0,8	Cos ϕ = 0,8
263 KVA	112 KVA
60 HZ	60 HZ
1800 RPM	1 800 RPM
240 V	240 v
363 A	
1973	1 974

3.4. Cálculo de la demanda de energía de la planta agroindustrial COCLA

De acuerdo a las evaluaciones realizadas se cuenta con las siguientes demandas en función de un lapso de tiempo determinado, las cuales se muestran en las figuras Nro. 3.1, 3.2 y 3.3.

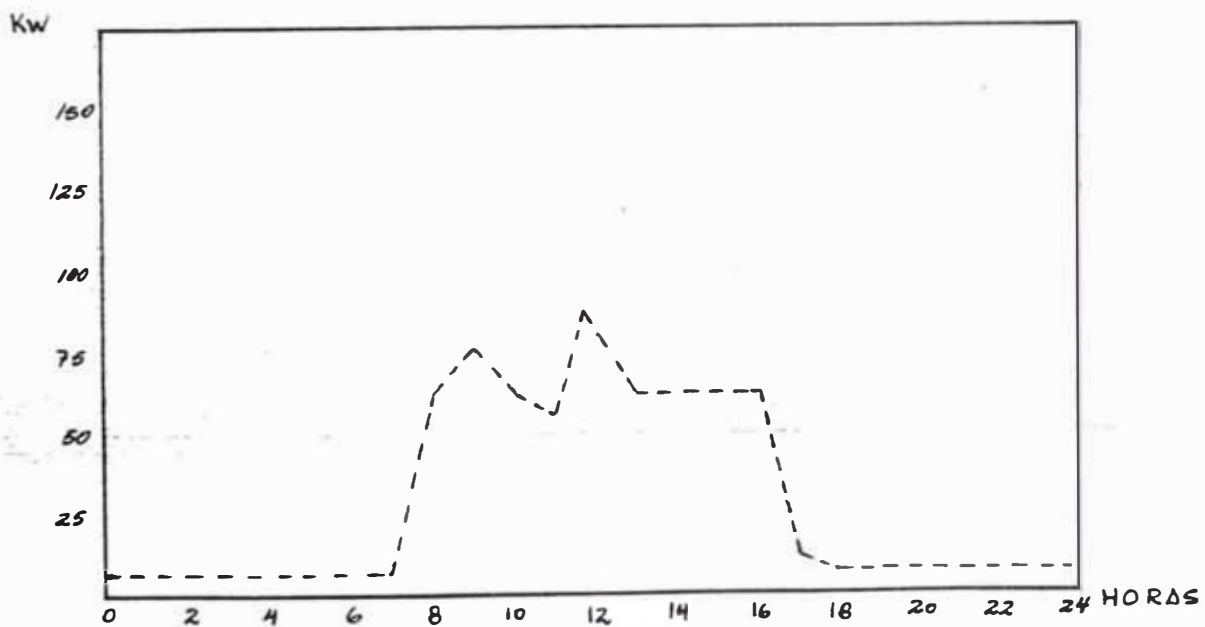
FIGURA 3.1

DIAGRAMAS DE CARGA DIARIOS CON ENERGIA
DE GRUPO DIESEL



DIA : LUNES

DEMANDA PREDOMINANTE : MAQUINARIA AGRO-INDUSTRIAL Y ALUMBRADO



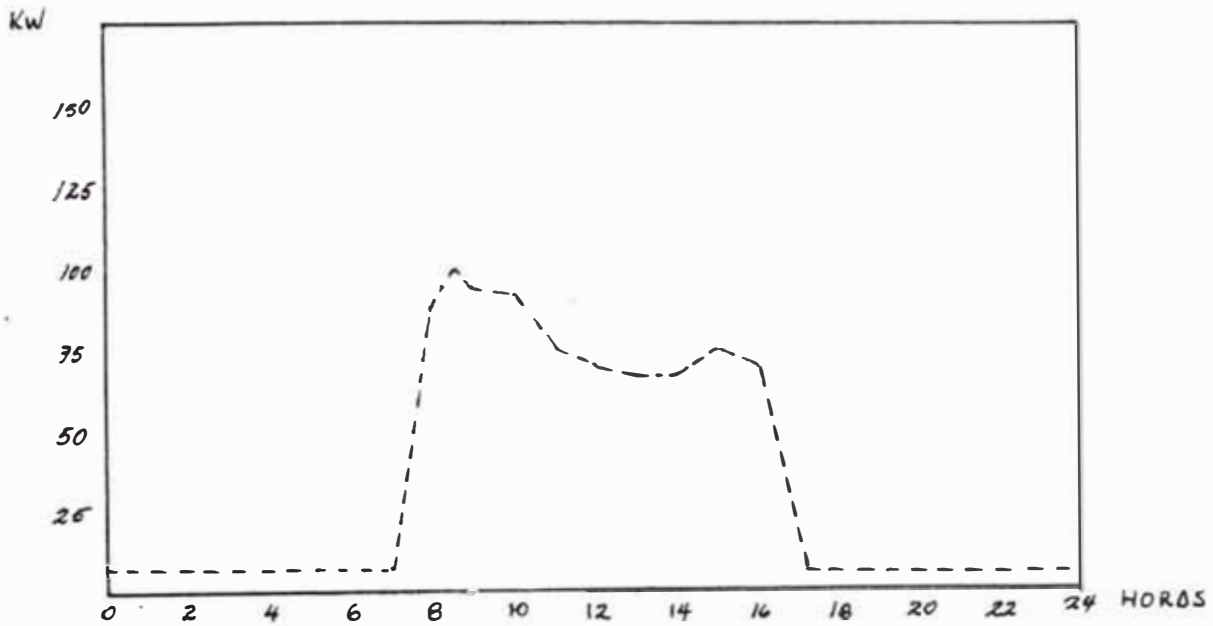
DIA : MARTES

DEMANDA PREDOMINANTE : MAQUINARIA AGRO-INDUSTRIAL Y ALUMBRADO

CENTRAL COCLA.

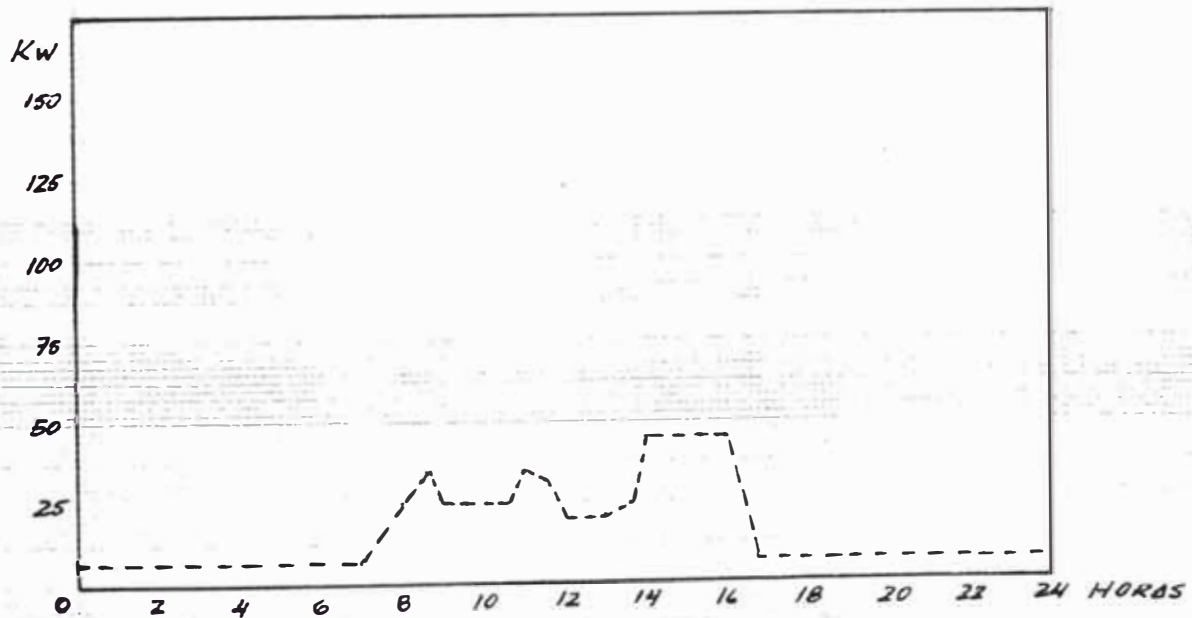
FIGURA 3.2

DIAGRAMA DE CARGA DIARIOS CON ENERGIA DE GRUPO DIESEL



DIA : MIERCOLES

DEMANDA PREDOMINANTE : MAQUINARIA AGRO-INDUSTRIAL Y ALUMBRADO

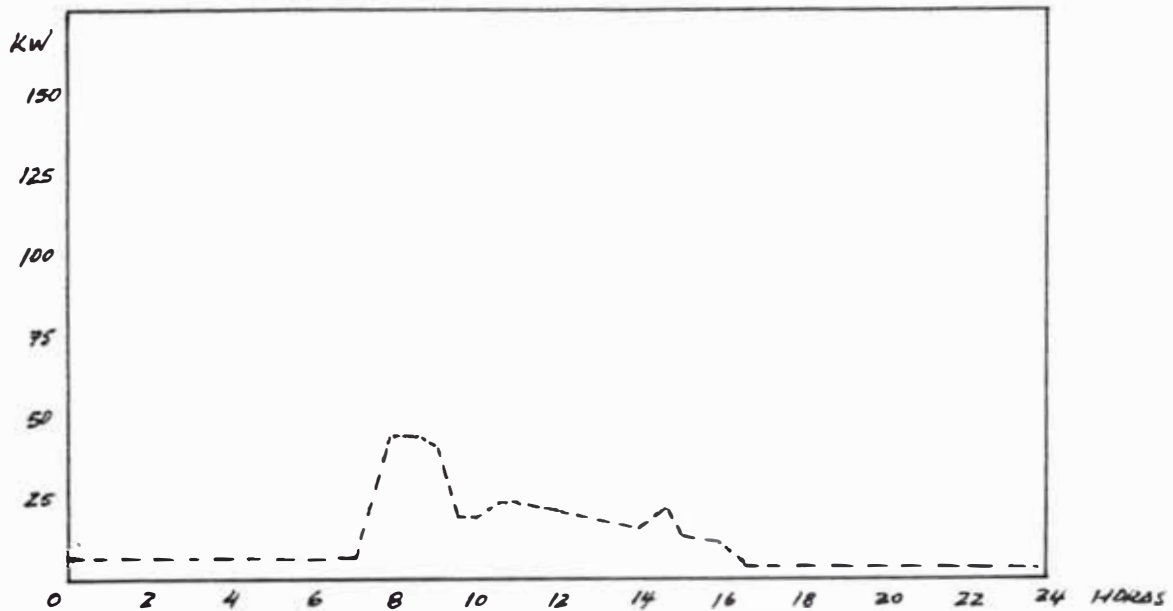


DIA : JUEVES

DEMANDA PREDOMINANTE : MAQUINARIA AGRO-INDUSTRIAL Y ALUMBRADO

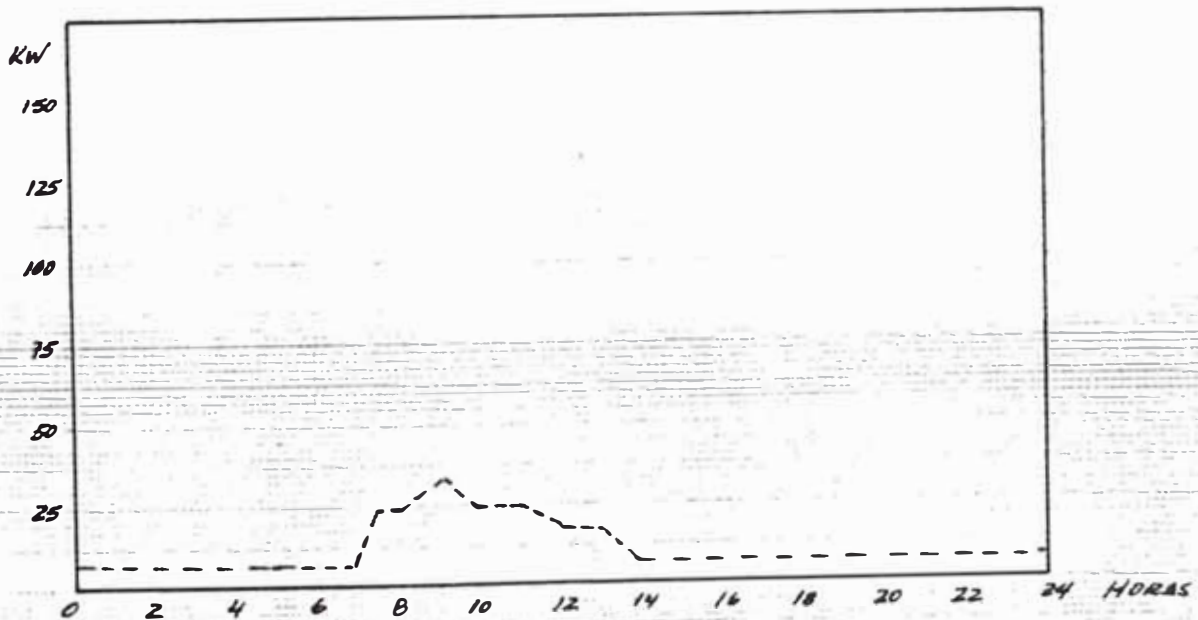
FIGURA 3.3

DIAGRAMA DE CARGA DIARIOS CON ENERGIA DE GRUPO DIESEL



DIA : VIERNES

DEMANDA PREDOMINANTE : MAQUINARIA AGRO-INDUSTRIAL Y ALUMBRADO



DIA : SABADO

DEMANDA PREDOMINANTE : MAQUINARIA AGRO-INDUSTRIAL Y ALUMBRADO

CENTRAL COCLA

MAQUINARIA	P_{max} (kW)	PORCION Y PERIODO DE CONEXION
Planta de Elaboración y procesamiento del café (Apolo N° 1)	84,5	8 horas entre las 7 y 17 horas 6 meses/año
Planta de Elaboración y procesamiento del café (Apolo N° 2).	71,6	8 horas entre las 7 y 17 horas 6 meses/ año.
Planta de tostado de café	20,4	7 horas entre las 7 y 15 horas todo el año.
Planta de procesamiento y elaboración de pasta de chocolate.	33,0	7 horas entre las 7 y 15 horas 9 meses/ año.
Planta procesadora de alimentos balanceados	74,0	7 horas diarias 4 meses al año.
Taller de maestranza	14,0	10 horas día todo el año
Servicio iluminación	6,0	10 horas día todo el año
Total Potencia Instalada.	303,5 KW.	

En las figuras 3.1, 3.2 y 3.3 tenemos gráficos de carga diaria tomadas de días donde ha habido un consumo considerable de energía donde se puede apreciar que la potencia que ha de suministrar la central varía entre amplios límites durante las 24 horas del día.

En efecto observamos que dado el caso de la Mini Central que alimentará a una planta Agroindustrial, los cargos máximos obtenidos son en el día y valores mínimos durante las horas que no se trabajan las máquinas (en las noches). Comparando los gráficos por meses vemos que son entre Junio y Octubre los meses de pilado de café se observan máximas demandas de energía.

Como observamos casi toda la energía suministrada sería consumida casi exclusivamente por aplicaciones Industriales y este mejora notablemente los gráficos ya que en las horas de trabajo hay poca diferencia de consumo.

Del exámen de los gráficos de carga expuestas podemos deducir las siguientes conclusiones:

- a. El alternador de la M.C.H. no puede proyectarse para cubrir la potencia máxima de la central, pues en este caso, la mayoría del tiempo trabajaría carga reducida, es decir con muy bajo rendimiento, como consecuencia, la explotación de la central no resultaría económico.
- b. Debemos tener en cuenta que el tipo de potencia es para consumo industrial en su mayoría y por ende el dimensionamiento del alternador no podrá ser muy sobredimensionado excesivamente para obtener un rendimiento elevado de la M.C.H., es decir un régimen económico de explotación.

3.5. Cálculo de Potencia en bornes de generador

3.5.1. Potencia instalada

Es la suma total de las potencias nominales de todos los receptores de energía conectados con la red que alimentará la Mini Central. También podemos llamarla "Carga Instalada". En nuestro caso tenemos:

Potencia Instalada - 303,5 KW

3.5.2. Factor de demanda

Es la relación entre la demnada máxima del sistema y la respectiva potencia instalada (Fd), osea:

$$Fd = \frac{\text{Demanda máxima}}{\text{Potencia instalada}} \quad (3.2)$$

En nuestro caso de acuerdo a los gráficos de carga diarias y/o mensuales, obtenemos reemplazando en (3.2):

$$F_d = \frac{87}{303,5} = 0,286$$

Generalmente esta relación oscila entre 0,2 (para instalaciones pequeñas) y 0,5 (para instalaciones de gran potencia).

3.5.3. Factor de simultaneidad

(Fs) también conocida con el nombre de "Factor de Instalación", es la relación entre la potencia total de la central y la potencia conectada a la red alimentada por la M.C.H.. Osea:

$$F_s = \frac{\text{Potencia total de la Central}}{\text{Potencia Instalada}} \quad (3.3)$$

En la práctica el factor de simultaneidad adopta los siguientes valores prácticos:

Para pequeñas instalaciones (hasta 5 000 habitantes)	: Fs = 0,2 a 0,3
Para poblaciones hasta unos 20 000 habitantes	: Fs = 0,3 a 0,35
Para centrales Agrícolas	: Fs = 0,25 a 0,28
Para Grandes Centrales	: Fs = 0,4 a 0,5

Por ser nuestro caso una Mini Central Agrícola donde la energía será utilizada por máquinas Agroindustrial en su mayoría tomamos un $F_s = 0,28$

$$\begin{aligned} \text{Potencia total de M.C.H.} &= F_s \times \text{Potencia instalada} \\ \text{Potencia total de la M.C.H.} &= 0,28 \times 303,5 = 84,98 \text{ KW} \end{aligned}$$

3.5.4. Factor de reserva.

Se debe tener en cuenta un factor en el cual intervengan las futuras proyecciones de ampliación de la demanda. Esto se tomará en cuenta con esta relación que es la relación

entre la potencia total de la central y la potencia máxima que ha de suministrarse.

Lo que quiere decir que la potencia total de la central, ha de ser mayor que la potencia máxima para lo que ha sido proyectada. Osea:

$$Fr = \frac{\text{Potencia total de la M.C.H.}}{\text{Potencia máxima de la M.C.H.}} \quad (3.4)$$

En la práctica alcanza los siguientes valores:

- Para pequeñas instalaciones y pueblos Fr=1,3 a 1,6
- Para poblaciones medias Fr=1,4 a 1,75
- Para centrales Agrícolas Fr=1,4 a 1,7
- Para Grandes ciudades Fr=1,5 a 2

Para nuestro caso tomamos:

$$Fr = 1,4$$

Con lo que se obtiene:

$$\text{Potencia total de diseño} = 1,4 \times 85 = 119 \text{ KW}$$

3.6. Conclusiones del análisis de consumo de energía eléctrica

En este punto ya podemos definir la potencia en los bornos del alternador para los cuales serán dimensionados todas las partes de la M.C.H.

La potencia en los bornos del generador será de :

$$\underline{PE = 120 \text{ KW}}$$

Lo cual servirá de base para el dimensionamiento de la M.C.H. con el supuesto siempre de cubrir la totalidad de la demanda por la operación aislada de la M.C.H. COCLA.

3.7. Estudios topográficos y geotécnicos

3.7.1. Reconocimientos topograficos del área del estudio

Es una de las partes más importantes del plan de trabajo de los estudios de inspección y reconocimiento cuya finalidad es:

- Ubicación adecuada y mejora de bocatoma existente
- Trazo de mejoramiento de canal de aducción.
- Ubicación de los vertices de la poligonal abierta.
- Ubicación de desarenador, cámara de carga, tubería de presión, canal de descarga, casa de máquinas, etc.

Para el reconocimiento topografico se utilizará los siguientes instrumentos:

- Brujula
- Altimetro
- Wincha metálica de 25 metros
- Eclímetro
- Podómetro

3.7.2. Levantamientos topográficos

Es la determinación de puntos especiales del terreno para establecer todas las características que se encuentren en la zona, para poder representarlas en planos a escala.

El procedimiento a seguir es un levantamiento topografico que comprende dos etapas fundamentales:

- Trabajos de campo (recopilación dedatos)
- Trabajo de gabinete que comprende el cálculo y dibujo.

Los instrumentos utilizados en los trabajos de campo son:

- Teodolito
- Nivel automatico
- Dos miras plegables de 4 metros
- Tres jalones metálicos.

Realizada la inspección correspondiente y el reconocimiento del área del estudio en sus diferentes secciones, se inició con los levantamientos topográficos de los terrenos y de las secciones donde se ejecutarán las Obras (bocatoma, canal de aducción, desarenador, cámara de carga, tubería de presión, aliviadero, rápida, casa de máquinas, canal de descarga, etc) de igual manera se realizaron los levantamientos topográficos para las líneas de sub-transmisión hacia las instalaciones COCLA.

3.7.2.1. Red de apoyo definitivo

En general hay dos redes de apoyo, la horizontal o planimétrica y la vertical o altimétrica.

a. Red de Apoyo Planimétrico

Es la que los puntos se sitúan por triangulación o por poligonación.

b. Red de Apoyo Altimétrico

Es la que da la cota por nivelación a los puntos de referencia y se sitúan en alturas a los puntos de apoyo.

Para el presente Proyecto se ha adoptado la red de apoyo planimétrico por poligonación abierta, para realizar en base a esta el levantamiento catastral de la zona, para posteriormente realizar la nivelación del eje definitivo del canal, para lo cual se determinó los puntos de intersección, deflexiones y estacado en general.

Los detalles del canal de aducción así como las secciones transversales se muestran en el Plano Nro 04.

3.7.3. Inspección geológica

Con efectos de realizar el diseño de las estructuras que constituyen el proyecto de la Minicentral Hidroeléctica se

realizó una inspección geológica de las diferentes secciones del Proyecto.

La Geología llamada también Geotécnica, se ocupa de la utilización de la Geología en la solución de problemas que se relacionan con la construcción en general. En el presente acápite se presenta una descripción general de Geomorfología y Estratigrafía de la zona en estudio donde se desarrolla el Proyecto.

3.7.3.1. Geomorfología

En el relieve de la zona de Quillabamba se presentan unidades geomorfológicas:

Cerros de pendientes intermedias, con relieves más homogéneos.

La zona del Proyecto, depresión geomórfica, presenta terrazas de deposición en varios niveles.

La zona en estudio y en general todo el valle de Quillabamba corresponden a depósitos de origen sedimentario. En este sector se diferencian varios niveles de terrazas de acumulación, especialmente en el área del Proyecto se observan terrazas con pendientes intermedias.

3.7.3.2. Estratigrafía

Los materiales que afloran en esta zona corresponden a los siguientes tipos:

En la parte superficial un suelo humoso agrícola que paulatinamente se ha mezclado con materiales de relleno. Luego puede apreciarse estratos de arcillas limosas oscuras. A continuación de las arcillas se presentan estratos compuestos por depósitos sedimentarios, los cuales forman capas horizontales de materiales granular con presencia de piedras.

3.8. Elaboración de planos

Los planos topográficos fueron elaborados en base a todos los datos de campo que se tomaron, los mismos que se encuentran registrados en las respectivas libretas de topografía.

Los dibujos de los planos topográficos se presentan conjuntamente con el diseño de las diferentes partes constitutivas del proyecto y son mostradas en el acápite de Planos respectivo.

CAPITULO IV

4. INGENIERIA DE LA MINICENTRAL HIDROELECTRICA

En el presente Capítulo se desarrolla desde el punto de vista de la Ingeniería del proyecto las diferentes secciones que constituirán la Minicentral Hidroeléctrica tanto en lo concerniente a Obras Civiles como a Obras Electromecánicas de tal manera que al final del presente tomo se pueda tener una idea del volumen real de la inversión necesaria para poder ejecutar las obras y el tiempo necesario para su ejecución.

4.1. OBRAS CIVILES

Las obras civiles que constituyen el presente proyecto comprenden las siguientes estructuras:

Bocatoma río Chuyapi

Canal de aducción

Desarenador

Cámara de carga

Aliviadero y vertedero

Canal de demasías

Obras de caída, anclajes y soportes tubería de presión

Casa de máquinas

Canal de descarga

4.1.1. Diseño y/o adaptación de las instalaciones existentes

De acuerdo a los datos de campo y a la disponibilidad de agua que fueron estudiados, se diseñaran a continuación las diferentes estructuras civiles que conformaran la minicentral hidroeléctrica materia del presente Proyecto.

4.1.1.1. Bocatoma

La función de la bocatoma es la de tomar del río la cantidad de agua necesaria y suficiente para la generación de energía. Para tal efecto se requiere una estructura de retención del río así como una obra de toma para llevar las cantidades destinadas a la generación de energía (y también para riego/consumo en este caso).

Los diferentes elementos de la bocatoma deberán ser diseñados de tal manera que cumpla con los siguientes requerimientos técnicos básicos:

El agua tomada debe ser en lo posible libre de sólidos, a fin de no cargar al canal de aducción y posteriormente al desarenador material de acarreo (sólidos).

El material sólido que se deposita aguas arriba, detrás del barraje, deberá ser evacuado por el flujo de agua restante en el río.

El tipo de construcción deberá ser simple y económico facilitando una operación sin mantenimiento y requiriendo trabajos simples de reparación.

En épocas de crecidas las descargas deben ser evacuadas de la obra de retención y sin causar daño alguno.

- El diseño y la construcción respectiva del barraje y de obra de toma deberán ser efectuadas de tal manera que la derivación de las cantidades mínimas del agua matriz sea garantizada con cualquier caudal del río.

Para nuestro caso, por tratarse de un río que baja con mucha pendiente y lleva arrastre de sólidos es apropiado una toma lateral mediante espigones, sin embalse y en una ubicación natural.

Tipo de Bocatoma a diseñarse

Según las características del recurso hídrico río Chuyapi, es conveniente una toma por el sistema de toma lateral

mediante espigones. Esta toma típica de agua mediante espigones está representada en la figura N° 4.1, se desvía el agua del río hacia el canal de aducción colocando un espigon. Se deberá desviar el agua del río hacia el canal de aducción colocando un espigón a base de piedras en el río.

En periodos de estiaje o de niveles medios de agua, el río lleva pocos sedimentos, el canal de aducción no será afectado por la introducción de arrastre de sólidos.

En épocas de crecidas, cuando el río lleva grandes cantidades de acarreo, el espigón podría ser destruido, de manera que los sedimentos quedan en el río, ya que solamente caudales pequeños, en relación a los caudales del río, son descargados del canal de aducción.

Luego al descenso de las crecidas, al final de la época de lluvia, hay que restablecer el espigon para garantizar la descarga de agua hacia el canal de aducción en la subsiguiente época de estiaje. Se muestra en la figura Nro. 4.11 tipos de bocatomas en Minicentrale u obras similares.

Características Técnicas

Estará ubicada sobre la antigua bocatoma existente aproximadamente a 3 Km en línea recta de la ciudad de Quillabamba y cuya captación de agua está calculada en 980 l/s para cubrir el requerimiento tanto de la minicentral como de los pobladores de esta zona llamada Barrial Alto. Será necesario la construcción de un vertedero de 15 m de largo por 0,82 m. de altura, en cuya cresta estará la ventana de captación cuyas dimensiones serán :

Largo : 5,00 m

Ancho : 0,60 m

El caudal a captarse es regulado a través de una compuerta metálica de 0,80 x 0,60 m. Inmediatamente, aguas arriba y aguas abajo del pequeño barraje, será necesario realizar una

protección con enrocado, dispuesto adecuadamente. Para mayor detalle se presenta el plano N° 02 Bocatoma.

4.1.1.2. Canal de aducción

Es el sistema de conducción de agua donde se conoce el caudal Q que se desea conducir, las pendientes y el coeficiente de rugosidad que dependen del tipo de revestimiento que en este caso será de concreto simple, lo más ideal es conducir el mayor caudal con la menor sección (sección hidráulica óptima). Básicamente, seguirá el actual trazo del canal existente desde la bocatoma hasta el inicio de la transición del desarenador.

El caudal de diseño del canal de aducción ha sido fijado en 980 l/s, teniendo en cuenta que la turbina funcionara a plena carga con un caudal de 730 l/s. El resto de agua se utilizará para cubrir los requerimientos de riego y consumo del sector llamado Barrial Alta.

Es necesario indicar, que aguas abajo inmediatamente despues de la cámara de carga y desarenador el canal existente no se modificará su trazo de tal manera que los pobladores del lugar puedan seguir usando los aproximadamente 250 l/s que han disponido siempre los usuarios del canal.

El canal de aducción comprendido entre la bocatoma y la cámara de carga, ha sido diseñado considerando tres pendientes lo que implica tres secciones típicas, ésto se ha realizado teniendo en cuenta las actuales pendientes, con el fin de minimizar los costos por movimiento de tierras.

Dadas las condiciones que se presentan en el campo, el canal irá revestido de concreto en toda su longitud, con una sección rectangular de dimensiones variables. Para una mejor comprensión se presentan los planos N°04, canal de aducción en la sección de planos del presente Proyecto.

Cálculo del canal de aducción

Como ya se menciona básicamente se aprovechará el trazo del canal antiguo existente.

Datos generales :

$$Q = 0,980 \text{ m}^3/\text{s}$$

S = La pendiente ha sido diseñada considerando tres pendientes lo que implica tres secciones típicas teniendo en cuenta las secciones existentes.

$$A = b \times h$$

$$\text{Radio hidráulico } R_H = \frac{b \times h}{b + 2h} \quad \begin{array}{l} \text{(sección transversal)} \\ \text{(perímetro mojado)} \end{array} \quad (4.1)$$

Según Manning-Strickler (ver figura Nro 4.2), la velocidad esta dada por:

$$V = k R_H^{2/3} \times S^{1/2} \quad (\text{m}) \quad (4.2)$$

Esta velocidad debe ser menor o igual que una V_{max} (ver tabla 4.3)

Donde k : Coeficiente de rugosidad (Ver tabla)

S : Pendiente

Las características hidráulicas del canal de derivación diseñado se muestran a continuación :

Progresiva (TRAMO)	S (%)	b (m)	h (m)	fb (m)	A (m ²)	V (m/s)	Q (m ³ /s)
0+000 - 0+120	3,9	0,80	0,40	0,15	0,32	3,06	0,98
0+120 - 0+420	0,8	1,05	0,55	0,15	0,57	1,70	0,98
0+420 - 0+650	0,2	1,40	0,67	0,13	0,94	1,05	0,98

Donde:

- S : Pendiente (%)
 b : Ancho de la base del canal (m)
 h : Altura del tirante de agua (m)
 fb : Borde libre (m)
 A : Área (m²)
 V : Velocidad del agua (m/s)
 Q : Caudal (m³/s)

Cálculo del rango de velocidades

Tomaremos para el cálculo, el último tramo del canal como típico.

Velocidad típica de sedimentación:

Esta velocidad se expresa por laa formula de Kennedy (V_{sed})

$$V_{sed} = C h^{0.67} \text{ pies/s} \quad (4.3)$$

Donde $h = 0,70 \text{ m} = 2,30 \text{ pies}$

C (Coeficiente de sedimentación , considerando):

Agua fina	C = 0,58
Barro arenoso	C = 0,59
Legamo grueso	C = 0,70
Asumimos	C = 0,70 (material arena,grava,lino)

$$V_{sed} = 1,19 \text{ pies/s}$$

$$V_{sed} = 0,364 \text{ m/s}$$

Máxima velocidad permisible de erosión

Está en función del tipo de material (revestimiento), es la máxima velocidad con la que puede discurrir el agua.

De la tabla Nro 4.1 de rugosidades podemos asumir la velocidad máxima de erosión para canales revestidos en concreto. $V = 6 \text{ m/s}$

TABLA 4.1

Coefficientes de rugosidad k en la fórmula de Manning-Strickler:

<u>Canales en tierra:</u>	<u>k</u>
Canales en tierra firme, liso	60
Canales en tierra arenosa compacta, con poca arcilla o con piedra triturada	50
Canales en tierra arenosa; solera en arena y grava; taludes empedrados	45-50
Canales en tierra en grava fina	45
Canales en tierra en grava media	40
Canales en tierra en grava gruesa	35
Canales en tierra en barro, terrones	30
Canales en tierra con piedras gruesas en el lecho	25-30
Canales en tierra en arena, limo o grava cubiertos de vegetación ...	20-25
b) <u>Canales en roca:</u>	
Excavación en roca (superficie rugosa).....	25-30
Excavación por voladura controlada (superficie rugosa)	20-25
Excavación irregular áspera (voladuras no controladas)	15-20
c) <u>Canales en mampostería:</u>	
Canales de ladrillos bien colocados	80
Canales en sillares	70-80
Canales en piedra bien tallada	70
Canales en mampostería regular	70
Canales en piedra tallada	60
Canales en piedra poco tallada	50
Sentado de piedras (paredes), taludes empedrados, solera de arena/grava	45-50
d) <u>Canales en concreto:</u>	
Enlucidos con mortero de cemento (liso)	100
Concreto liso, hecho a base de encofrado metálico	90-100
Enlucido con mortero	90-95
Concreto cuidadosamente elaborado (liso)	90
Encofrado exacto; enlucido limpio; concreto liso con alto contenido de cemento	80-90
Concreto a base de encofrado de madera, sin enlucir	65-70
Concreto compactado con superficie limpia	60-65
Concreto viejo, superficie limpia	60
Canalones de concreto (150 - 200 kg cemento/m ³), según edad	50-60
Revestimiento de concreto grueso	55
Concreto irregular	50
e) <u>Canales en madera:</u>	
Canalones lisos, nuevos	95
Planchas cepilladas, bien puestas	90
Planchas no cepilladas	80
Canalones viejos en madera	65-70
f) <u>Canalones metálicos:</u>	
Tubos con remaches sentados	90-95
Tubos de fierro fundido, nuevos	90
Tubos remachados, solapados	65-70
g) <u>Otros revestimientos:</u>	
Revestimiento asfaltado (con pasada de rodillo)	70-75
h) <u>Cauces naturales de ríos/riachuelos:</u>	
Lechos naturales con solera firme, sin irregularidades	40
Lechos naturales con material de acarreo regular	33-35
Lechos naturales, con vegetación	30-35
Lechos naturales con material de acarreo irregular	30
Lechos naturales con mucho material de acarreo	20
Lechos de torrentes con bolones y demás sólidos en estado tranquilo.	25-28
Lechos de torrentes con material de acarreo en movimiento	19-22

TABLA 4.2

Tabla: Taludes naturales según diferentes tipos de suelo

Tipo de suelo	seco	humedad natural	saturado con agua
Arcilla grasosa	1:0.5 - 1:1	-	1:3 (empapado) - 1:∞ (líquido)
Tierra muy compacta ?	1:0.75 - 1:1	1:1.5 - 1:2	1:3 y más
Suelo de terraplén	1:1.25 - 1:1.5	1:1	1:2
Suelo pedroso y limoso, grava gruesa	1:1 - 1:1.5	1:1.5	1:2
Arena	1:1.5	1:1.25	1:2
Grava media fina	1:2 - 1:2.5	-	-
Escambros irregulares?	1:1/	-	-
Cantos rodados	1:1.75	-	-
Roca sedimentaria	1:0 - 1:0.5	-	-
Roca dura, ignea	1:0	-	-

T A B L A 4.3

Tabla: Abrasión - Límites de velocidad del agua en el canal según diferentes tipos de suelo / y de revestimiento

Tipo de suelo	V_m max. (m/s)	
	en agua limpia	con material en suspensión o material de acarreo
Lodo	0.10	0.15
Barro suelto	0.15	0.20
Arena fina (0.02 - 0.2 mm)	0.30	0.40
Arena media (0.2 - 0.5 mm)	0.35	0.50
Limo arenoso (natural).....	0.40	0.60
Arena gruesa (2 - 5 mm)	0.45	0.65
Grava muy arenosa	0.60	0.80
Limo compacto (natural)	0.70	1.00
Grava media (5 - 20 mm)	0.80	1.15
Tierra arcillosa grasosa (natural)	1.00	1.30
Grava gruesa, piedras (20 - 50 mm)	1.40	1.60
Piedras (50 - 75 mm)	1.70	1.80
Cantos rodados (75 - 100 mm)	1.90	2.00
Césped/prado, bien radicado	1.80	1.80
Tipo de revestimiento:		
Concreto (materia en suspensión; mucha arena).....	-	2.0 - 2.5
Concreto (agua sin arena)	4.0	
Mampostería con piedras sentadas y mortero	5.0	

Chequeando velocidades (último tramo), obtenemos:

$$Q = 0,980 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$s = 0,0033$$

$$b = 1,40 \text{ m}$$

$$h = 0,70 \text{ m}$$

$$A = 0,98 \text{ m}^2$$

$$p = 2,80 \text{ m (perimetro mojado)}$$

$$R_H = 0,35 \text{ m (radio medio hidraulico)}$$

Con lo que la velocidad seria :

$$V = k R_H^{2/3} \times S^{1/2} \quad (\text{m/s})$$

Con $k = 66$ que obtenemos: $V = 1,90 \text{ m/s}$

O sea : $0,364 < 1,90 < 6 \text{ m/s}$

La velocidad que tiene el flujo de agua que discurre por el canal se encuentra dentro del rango de velocidades para canales revestidos con concreto. Lo cual verifica que las dimensiones diseñadas para este caso son las correctas.

4.1.1.3. Desgravador

El desgravador, es una estructura que ha sido diseñada con el fin de permitir que el material gravoso que se pueda captar por la bocatoma sea evacuado y devuelto al río Chuyapi.

El desgravador es una estructura de concreto armado que tendrá una longitud de 4,00 m y una profundidad de 1,77 m. El mecanismo de purga de pequeñas piedras de hasta 2 pulgadas de diámetro se efectuará mediante una compuerta metálica de 0,60 x 0,60 m. Estará ubicada en la progresiva 0 + 120 y cuyos detalles de fabricación de dicha compuerta se presentan en el plano N°13 del presente Proyecto.

4.1.1.4. Desarenador y cámara de carga

El desarenador es una estructura que ha sido diseñada para permitir la sedimentación de partículas sólidas en suspensión del agua que pudieran ocasionar el desgaste de los alabes de la turbina. En nuestro caso será una estructura de concreto armado de 12 m de largo por 3,10 m de ancho. Antes de la estructura ha sido diseñada la transición de entrada que tendrá una longitud de 3,40 m.

Desarenadores siempre son necesarios, cuando el contenido de materiales en suspensión en el agua del río es alto y cuando los elementos de la M.C.H., tales como tubería de presión, turbina, compuertas, etc. deben ser protegidos contra la abrasión por materias duras en suspensión.

La cámara de carga estará ubicada en la progresiva 0+668 (después del desarenador) y tendrá una longitud de 2,0 m con un ancho de 3,10 m y una profundidad de 1,35 m.

Para evitar que objetos flotantes entren en la tubería de presión se debe instalar una reja de protección metálica en la cámara de carga.

En forma paralela al desarenador se ha diseñado un vertedero de demasias, dotado de tuberías al fondo del canal. Para una mejor comprensión se presenta el plano N° 05 Desarenador y cámara de carga, y el N° 06 Estructuras desarenador y cámara de carga.

Dimensionamiento Hidráulico

Determinación del grano límite

Considerando para efectos de diseño que se deberá eliminar partículas de diámetros de 0,2 mm que es apropiado para plantas de alta y baja presión.

- Determinación de la velocidad de escorrentia

La velocidad de la corriente en el desarenador no debe exeder un valor máximo a fin de que el grano límite pueda depositarse.

$$V_d = a \cdot d' \quad (\text{cm/s}) \quad (4.3)$$

Donde:

a = coeficiente que depende del tamaño de partícula a eliminar .

d' = Diámetro de partículas a eliminar (mm)

V = Velocidad crítica

a	d' mm
36	d' > 1
44	1 > d' > 0,1
51	d' < 0,1

Del cuadro para d'=0,2 mm obtenemos a = 44 y

$$V_d = 19,7 \text{ cm/s}$$

Cálculo de las dimensiones del desarenador (ver figura 4.3)

- Longitud

$$L = \frac{V_d h}{V_s - 0,04 V_d} \quad (\text{m}) \quad (4.4)$$

Donde: L : Longitud efectiva de sedimentación
 h : Profundidad de sedimentación
 V_d: Velocidad horizontal (m/s)
 V_s: Velocidad vertical de sedimentación

La función $s = \frac{s}{w}$ reemplazando obtenemos para arena s=2.7

Donde:

s : Peso específico del grano
 w : Peso específico del agua

- Ancho del desarenador

$$B = \frac{Q \cdot t_d}{L \cdot h} \quad (\text{m}), \quad t_d = \frac{L}{V_d} \quad (\text{s}) \quad (4.5)$$

Donde: Q : Caudal (m^3/s)
 t_d : Tiempo de transcurso (s)

Zona de transición

- Longitud de transición (λ)

$$\lambda = \frac{B - B'}{2 \tan \alpha} \leq \frac{1}{3} L \quad (4.6)$$

Diseño del desarenador

Se escoge la profundidad de sedimentación $h = 1 \text{ m}$, para el grano límite de $0,2 \text{ mm}$.

$$V_d = 0,2 \text{ m/s}$$

$$S = 2,7 \quad \text{luego} \quad V_s = 2,8 \text{ cm/s}$$

$$\alpha = 12^\circ$$

Reemplazando de formula 4.5 obtenemos

$$L = 10,0 \text{ m}$$

$$t_d = 50,0 \text{ s}$$

$$B = 3,65 \text{ m}$$

Comprobando para las dimensiones de la cámara:

$$\lambda = \frac{B - B'}{2 \tan \alpha} = \frac{3,65 - 1,40}{2 \times \tan 12^\circ} = 5,30 > \frac{L}{3} = 3,3$$

La zona de transición es demasiado larga, escogemos nuevamente la profundidad de sedimentación

$$h = 1,20$$

Finalmente obtenemos:

$$L = 12,0 \text{ m}$$

$$t_d = 60,0 \text{ s}$$

$$B = 3,10 \text{ m}$$

Comprobando : $l = 3,99 \approx \frac{L}{3}$

con $\alpha = 14^\circ$

$$l = 3,40 \leq \frac{L}{3}$$

Por consiguiente las dimensiones del desarenador serán:

$$L = 12 \text{ m}$$

$$h = 1,2 \text{ m}$$

$$B = 3,10 \text{ m}$$

$$l = 3,40 \text{ m}$$

$$\alpha = 14^\circ$$

4.1.1.5. Canal de purga

Es una estructura que tiene por objeto el evacuar los sedimentos desde el desarenador hasta una pequeña quebrada próxima, ubicada a unos 50 m del tramo inicial. Desde el desarenador hasta la salida en el talud izquierdo del canal irá un canal de sección rectangular de $0,60 \times 0,60$ m con una pendiente de 3%, dicho canal irá cubierto en este tramo inicial, en el tramo que baja a media ladera el canal será revestido con piedra cemento en toda su longitud, esto con la finalidad de evitar erosiones en la ladera por la fuerte pendiente.

4.1.1.6. Canal de demasias y vertedero

Es una estructura que ha sido diseñada para evacuar el agua en exceso que pueda producirse debido a variaciones en el consumo energético de la planta y por consiguiente el consumo de agua. Tendrá una longitud aproximada de 90 m hasta la progresiva 0+750 lugar donde existe una quebrada, hasta dicho lugar el caudal de diseño para el canal es de 980 l/s, punto en el cual mediante un vertedero de demasia se reduce el caudal a 250 l/s con la finalidad de que esta agua sea utilizada para el riego y consumo de los pobladores del lugar (Barrial Alta).

4.1.1.7. Obras de caída

Están constituidas por todas aquellas que tienen por objeto el soporte de la tubería forzada, desde el desarenador hasta válvula de ingreso a la turbina.

Siendo la tubería forzada uno de los elementos más importantes de la minicentral hidroeléctrica y que a su vez representa una inversión considerable, se ha tomado en cuenta que para este caso resulta más económico su fabricación por proceso de rolado en la ciudad del Cusco, la tubería tendrá las siguientes características:

Caudal de diseño (Q)	: 730 l/s
Altura de caída bruta (Hb)	: 25,40 m
Altura de caída neta (Hn)	: 23,56 m
Longitud de la tubería (Lt)	: 58,30 m
Espesor de la tubería (e)	: 5 mm

La tubería recorrerá el terreno en forma paralela a la superficie a través de toda su longitud (58,30 m) con cuatro pendientes bien definidas. El primer tramo será de 4,20 m con un ángulo de 5°, el segundo tramo de 26,10 m con un ángulo de inclinación de 17° y el tercer y último tramo de 2,80 m con una inclinación de 4°.

Para el soporte de la tubería se ha diseñado tres bloques de anclaje en los cambios de dirección, los mismos que son de concreto ciclópeo, llevarán además apoyos simples de 0,60 x 0,90 m con alturas variables espaciadas cada 8,70 m entre los cambios de dirección (ver figura Nro 4.5)

Las dimensiones y demás detalles de diseño están especificadas en el plano N°07 : Perfil longitudinal Tubería de presión.

4.1.1.8. Casa de máquinas

La casa de máquinas es la estructura que aloja los grupos o equipos electromecánicos, tendrá un área aproximada de 40 m². Será construida con bloques de concreto simple, las mismas que estarán confinadas por vigas y columnas de concreto armado con refuerzo de acero necesario para soportar las flexiones y cortes.

La mampostería de bloquetas estará sobre cimientos corridos de concreto ciclópeo, la cobertura será de calamina galvanizada sobre tijerales de madera de 2x4 pulg. y correas de 2x2 pulg. los tijerales irán apoyados sobre la viga collarín o de amarre que irá el parte superior.

El diseño y las dimensiones de la casa de máquinas se muestra en el plano N° 08 : Casa de máquinas y N° 09: Estructuras casa de máquinas.

La descarga del agua turbinada se evacuará nuevamente hacia el río Chuyapi a través del canal descarga que tendrá una longitud de 12 m, con una pendiente del fondo de 2% en irá revestido en toda su longitud.

Las dimensiones del canal de descarga y de la cámara de succión se puede apreciar en el plano N° 09. El área total adoptada para la casa de máquinas es de 40 m² y se ha hecho bajo los siguientes considerandos:

- Ubicación del equipo electromecánico, compuesto de tubería de transición, válvula, turbina Mitchell Banki, regulador automático, reductor de velocidad, generador, etc..
- Ubicación de tablero de control, transformador y celda de transformación.
- Adecuada circulación e iluminación.

4.1.1.9. Canal de descarga

Debido a la caída libre del agua turbinada hacia el canal de descarga, se construirá un pozo de disipación considerando que la turbina de acción tiene una salida en la descarga en forma de cono.

Además consideramos un ancho de canal de 1,50 m y una altura de caída libre igual a 1,50 m por debajo del piso terminado y un ancho de pozo de 1,50 m.

La estructura a diseñarse se comporta como un azud con su respectivo disipador de energía para el resalto hidráulico.

- Diseño del canal de descarga

Utilizando la ecuación de los tirantes conjugados tendremos para el cálculo de "d1" (tirante mínimo).

$$\frac{Q}{d_1 b} = K \sqrt{(2g(T_0 - d_1))} \quad (4.7)$$

Esta ecuación se resuelve por aproximaciones sucesivas donde:

Q = Caudal de agua turbinada = 0,730 m³/s

d₁ = Altura del pelo de agua por calcular

b = Ancho del caudal consideramos b = 1,50 m

K = Coeficiente de pérdidas tomamos K = 1,0

g = Velocidad de la gravedad

T₀ = Nivel máximo de agua (NMA) para un caudal Q=0,730 m³/s y un ancho b=1,50 m

Luego:

$$T_0 = 0,40 \frac{V_2}{2g} = 0,40 \frac{1,31}{19,6} = 0,47 \text{ m}$$

Luego de la formula anterior tendremos

$$\frac{0,730}{d_1 (1,50)} = 1,0 \sqrt{(2 \times 9,8 (0,47 - d_1))}$$

Por tanteos obtenemos : $d_1 = 0,38$

Cálculo del tirante mayor (d_2)

Formula de tirantes conjugados

$$d_2 = \frac{d_1}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{8 Q_2}{g d_1^3}} \right) \text{ (m)} \quad (4.8)$$

Reemplazando: $d_2 = 0,50 \text{ m}$

- Cálculo del canal de descarga

Este canal continuará las características del pozo de disipación de energía siendo sus dimensiones las siguientes:

Ancho	= 1,40 m
Altura	= 1,50 m
Espesor de muro	= 0,20 m
Espesor de loza	= 0,20 m
Caudal de diseño	= 0,730 m ³ /s
Coefficiente de rugosidad (n)	= 0,015 (concreto)
Pendiente del canal (s)	= 0,050 (promedio)

- Cálculo del area mojada y velocidad

$$Q = A V$$

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2} \quad \text{m}^3/\text{s} \quad (4.9)$$

despejando los valores conocidos tenemos:

$$\frac{Q n}{S^{1/2}} = A R^{2/3} \quad \text{como} \quad R = \frac{A}{P} \quad \text{(m)} \quad (4.10)$$

$$A = b Y = 1,40 \times 0,165 = 0,231 \text{ m}^2 \text{ (area mojada)}$$

$$A_T = (1,40)^2 = 1,96 \text{ m}^2 \text{ (area total)}$$

- Perimetro mojado

$$P = b + 2 Y = 1,40 + 2 (0,165) \text{ m}$$

$$Y = 0,165 \text{ (tanteo)}$$

$$P = 1,73$$

- Radio medio hidráulico

$$R_H = \frac{A}{p} = \frac{0,25}{1,73} = 0,133 \text{ m}$$

- Velocidad del canal: De la formula Nro 4.2 resulta:

$$V = \frac{1}{n} R_H^{2/3} S^{1/2} = \frac{1}{0,015} (0,133)^{2/3} (0,050)^{1/2}$$

$$V = 3,88 \text{ m/s}$$

La velocidad $V=3,88 \text{ m/s}$ dada por la pendiente promedio resulta satisfactoria por cuanto es mayor que las velocidades dadas por la tabla Nro 4.3 para canales de aducción.

4.2. OBRAS ELECTROMECHANICAS

4.2.1. Selección y diseño del equipo electromecánico

4.2.1.1. Tubería de Presión

a. Generalidades

La tubería de presión es la que une la cámara de carga (con agua equilibrada), en el extremo del desarenador, con la turbina en la casa de máquinas.

Con referencia al perfil longitudinal se adapta al terreno con la pendiente respectiva, y posee un cambio de dirección en el ingreso a la casa de máquinas.

Este cambio de dirección soporta esfuerzos adicionales de desviación de la escorrentía del agua (dentro del tubo). Con el propósito de absorber estas fuerzas se diseñó el bloque de anclaje respectivo. En la vista en planta el alineamiento es recto.

Los apoyos del conducto forzado consisten de bloques de concreto, que son simples apoyos que admiten pequeños deslizamientos del tubo en dirección longitudinal.

En el lugar de cambio de pendiente la tubería forzada será anclada en apoyos fijos, que impiden el movimiento en toda dirección y que facilitan la absorción del esfuerzo de desviación por medio del peso del bloque de concreto. La cimentación de los soportes y de los apoyos fijos deberá tener una profundidad tal que no permita ningún deslizamiento.

La tubería de presión irá en su mayor parte sobre la superficie, de tal manera que facilite un montaje rápido a bajo costo de las piezas de la tubería así

como facilitar un buen acceso para trabajos de mantenimiento.

De acuerdo a la figura Nro 4.6 se observan zonas económicas de materiales para tubos de presión en Minicentrales hidroeléctricas; en nuestro caso específico, se ha calculado el diámetro de diseño mínimo aceptable es de 0,622 sin embargo en la práctica consideramos un diámetro de 0,770 en razón de que al fabricar el tubo se prevé rolar planchas completas sin necesidad de cortar desperdiciando material, que resulta ventajoso en vista que a mayor diámetro se reduce la velocidad del agua dentro del tubo lo cual incide positivamente para una regulación de la turbina. La fabricación de la tubería será realizada localmente (Talleres del Cusco).

b. Selección del Material para la Tubería Forzada

En las tuberías presión es esencial escoger un material más adecuado puesto que un largo conducto con su alto costo incide considerablemente en el costo total del conjunto de la obra. Una minicentral hidroeléctrica puede ser denominada central de alta presión cuando se cumple que:

$$\frac{H_b}{(Q_d)^{1/3}} \geq 100 \quad (4.11)$$

Donde: H_b = Caída bruta (m)
 Q_d = Caudal de diseño (m^3/s)

Para nuestro caso calculamos con:

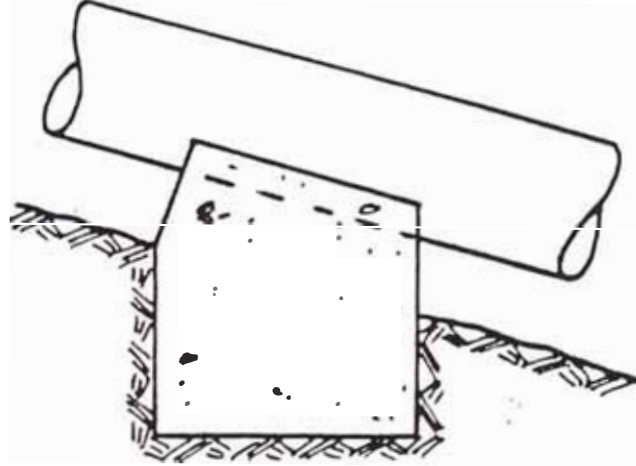
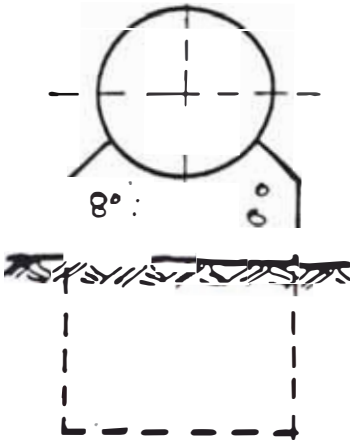
$$H_b = 26,6 \text{ m}$$

$$Q_d = 0,730 \text{ m}^3/s$$

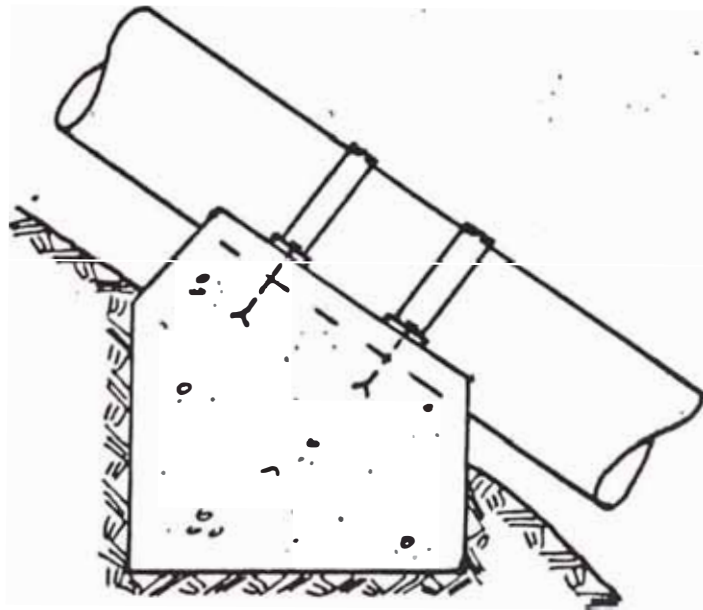
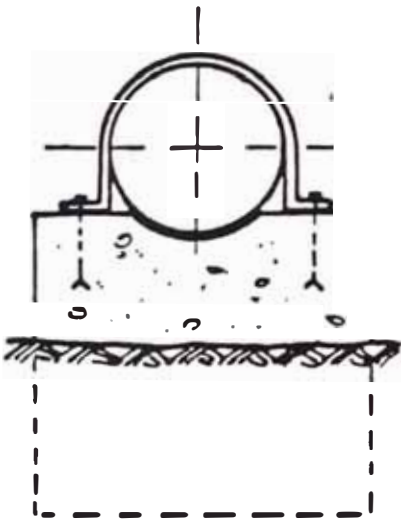
Obteniendo :

$$\frac{26,6}{(0,730)^{1/3}} = 29,5 \quad 100$$

FIGURA 4.5
TIPOS DE CONSTRUCCION DE SOPORTES



- En laderas con poca pendiente ($< 1 : 3$)



- En laderas accidentadas (pendiente $> 1 : 3$)

Dado que el valor resulta menor que 100, se puede definir que esta central no es de alta presión.

Los siguientes materiales son aptos para ser aplicados en tuberías de presión (ver figura 4.6):

- Plástico PVC
- Acero laminado.
- Acero fundido (fundición centrifugada)

Para nuestro caso seleccionamos acero estructural en plancha con un esfuerzo de diseño igual a 13,67 Kg/mm².

c. Dimensionamiento hidráulico

- Selección del diámetro económico adecuado

El diámetro adecuado del tubo esta basado por la siguiente función:

$$D = 1,13 \left(\frac{Q_d}{V} \right)^{1/2} \quad (\text{m}) \quad (4.12)$$

Donde:

Q_d = Caudal de diseño (m³/s)

V = Velocidad dentro del tubo (m/s).

D = Diámetro (m)

La velocidad depende de la caída, diámetro de tubería y de las las pérdidas de fricción. En tubos de diámetros pequeños se producen altas velocidades, produciéndose en estos casos pérdidas apreciables por fricción, hecho que puede generar considerables golpes de ariete, cuando la turbina se cierra bruscamente.

La selección económica determina una velocidad en el tubo entre 1 y 3 m/s. Para un primer cálculo seleccionamos una velocidad: $V = 2,5$ m/s

Reemplazando en formula 4.12 resulta :

$$D = 1,13 \left(\frac{0,730}{2,5} \right)^{1/2} = 0,610 \text{ m}$$

Seleccionamos un diámetro estandarizado de 24 pulgadas que equivale a 0,622 m de diámetro exterior, con lo que obtenemos una velocidad dentro del tubo de:

$$V = \frac{4 \times 10^6 \times Q}{\pi \times D^2} = \frac{4 \times 10^6 \times 0,730}{\pi \times 622^2} = 2,40 \text{ m/s}$$

Proceso de Fabricación

De acuerdo a las especificaciones técnicas esta tubería de presión será fabricada a base de plancha metálica de acero estructural convencional de 3/16" de espesor (4,7 mm).

Como puede observarse el diámetro indicado en las especificaciones técnicas $D=0,770$ m es mayor que el obtenido en los cálculos de diseño presentados anteriormente de 0,622 m (mínimo exigido), esto es debido a que en el proceso de fabricación se prevé utilizar planchas enteras (sin corte ni desperdicio de material) cuyas medidas convencionales son de 1,2x2,4 m, que al ser roladas dan un diámetro exterior de 0,770 m que ofrece mejores condiciones que el de diseño, que es el diámetro mínimo exigido, dado que se obtiene una menor velocidad dentro del tubo, evitando de esta manera posibles problemas de golpe de ariete y de regulación de la turbina.

e. Cálculo de la presión en la tubería

Para dimensionar el espesor de la pared del conducto es necesario determinar el polígono de aumentos de presión en la tubería.

Este polígono de aumentos de presión está relacionado con el proceso de cierre de la tubería en cuyos momentos se alcanza un valor máximo al costado de la válvula .

$$H_x = H_b + h_{max}. \quad (m) \quad (4.13)$$

Donde :

H_b = Caída bruta (m)

h_{max} = Altura de presión dinámica causada por cierre de la turbina.(golpe de ariete)

La altura de presión dinámica (h_{max}) depende esencialmente del tiempo de cierre y resulta de:

$$h_{max} = \frac{0,2 \times V \times L}{T_s} \quad (4.13A)$$

Donde :

V = Velocidad dentro del tubo (m/s)

L = Longitud del tubo (m)

T_s = Tiempo de cierre de la turbina (s)

El tiempo de cierre es limitado y está determinado por el tipo de regulador de velocidad. Para este caso se determinó un regulador oleomecánico, con un tiempo de cierre permitido comprendido entre:

Abrir a 95% del RPM nominal : 2,7 s

Cerrar a 110% del RPM nominal : 2,40 s

Tomando el tiempo de cierre más crítico $T_s = 2,40$ s

Reemplazando en 4.13A obtenemos:

$$h_{max} = \frac{0,2 \times 2,40 \times 50}{2,40} = 10,00 \quad m$$

Luego reemplazando en 4.13 :

$$H_x = 36,60 \quad m$$

f. Cálculo de Espesor (t)

Se deberá tener en cuenta los tipos de cordones de soldadura circunferencial y longitudinal.

En la fabricación de la tubería de presión se prevé dos tipos de soldadura: longitudinal y circunferencial, teniendo como premisa que la soldadura longitudinal es la más crítica, efectuaremos el diseño considerando los parámetros de cálculo, el área sometida a presión, la longitud unitaria de tubería (L).

Luego de las deducciones se tiene :

$$t = \left(p \times \frac{D}{2} \times S_d \times \eta_s \right) \times 1000 \quad (\text{mm}) \quad (4.14)$$

Donde:

- t = Espesor calculado (mm)
- p = Presión interna (Kg/m²)
- η_s = Eficiencia de soldadura
- S_d = Esfuerzo de diseño (Kg/mm²)

En la formula indicada podemos evaluar la variables que se presentan en la siguiente forma:

- La presión interna (p) y el diámetro interior (D), han sido suficientemente estudiados.
- El esfuerzo de diseño (S_d) es el de las planchas de acero estructural tipo SIDERPERU (Ver Tbla Nrto 4.2).
- Para la eficiencia de soldadura (η_s), analizando los parametros que intervienen en su cálculo se concluye que es la variable que toma en cuenta la intervención de los procesos de soldadura.

Según el código ASME (Tabla del Manual del Ingeniero Mecánico) η_s para juntas de soldadura a tope, tiene los

siguientes valores:

$\eta_s = 0,70$ (juntas sin inspección radiográfica)

$\eta_s = 0,85$ (juntas inspeccionadas por muestreo)

$\eta_s = 1,00$ (juntas con inspección radiográfica al 100%)

Así mismo se deberá considerar un espesor constante adicional por corrosión, éste valor puede variar entre 1,5 a 2 mm para casos de minicentrales que no son de alta presión. En el presente caso asumimos un sobre espesor de 2 mm, por consiguiente la formula (4.14) se verá afectada, obteniendo:

$$t = \left(p \times \frac{D}{2} \times S_d \times \eta_s + 0,002 \right) \times 1\,000 \quad (\text{mm}) \quad (4.15)$$

En consecuencia, esta formula la aplicaremos en nuestro caso considerando el efecto de la presión interna actuante (altura bruta más efecto de golpe de ariete).

TABLA 4.2
PLANCHAS DE PRODUCCION SIDERPERU

ESPECIFICACION SIDERPERU	RESISTENCIA A LA TRACCION (Kg/mm ²)	ESFUERZO DE FLUENCIA (Kg/mm ²)	OBSERVACIONES
PG - E21	37	21	Estructural
PG - E24	41	24	Estructural
PG - E35	50-64	35	Estructural
PG - NA	41-50	23,5	Naval

Consideraciones Finales

Para el caso típico de una minicentral hidroeléctrica en la que se requiere el cálculo de la tubería, partiendo de los datos mencionados (altura bruta, caudal) se definirá el cálculo del espesor, teniendo incidencia de la inspección en taller y en obra por razones de eficiencia de soldadura

Se debe anotar que la inspección, fabricación y obra se efectuara teniendo en cuenta el valor de " η_s " asumido y

a la ubicación y tipo de juntas de soldadura ha efectuarse en cada lugar, es decir:

En fábrica

Se deberán efectuar juntas de categoría A y se recomienda que se emplee inspección por métodos no destructivos .

En obra

Debido a que es necesario soldar algunos tramos en obra, deberán tener sus extremos biselados, se soldarán juntas de categoría B.

- Cálculos

Se tienen los siguientes datos:

Caudal (Q)	: 0,730 m ³ /s
Longitud tubería (Lt)	: 50 m
Altura bruta (Hb)	: 26,60 m
Altura máxima (Hx)	: 36,60 m
Esfuerzo de diseño (Sd)	: 13,67 Kg/mm ²
Eficiencia de soldadura (ηs)	: 0,85
Peso específico del agua (δ)	: 10 Kg/m ³

$$P = Hx \times \delta = 36,60 \times 10^3 = 36\,600 \text{ Kg/m}^2$$

Luego reemplazando en 4.15 :

$$t = \left(\frac{36\,600 \times 0,770}{2 \times 13,67 \times 10^6 \times 0,85} + 0,002 \right) \times 1000$$

$$t = 3,21 \text{ mm}$$

Este "t" calculado debe respetar los valores mínimos recomendados siguientes para diámetros (D) en tuberías:

D ≤ 0,300 m	t _{min} = 3 mm.
D ≤ 0,500 m	t _{min} = 4 mm.
D ≤ 0,700 m	t _{min} = 5 mm.

En conclusión de acuerdo al análisis realizado, seleccionamos un espesor estandarizado de plancha de acero estructural convencional de $t=4,7$ mm, que equivale a $3/16$ " de espesor, lo cual garantiza una seguridad óptima para el normal funcionamiento de la minicentral hidroeléctrica.

g. Dilatación Térmica

Las uniones de conductos forzados (hasta 200 m de caída máxima) de minicentrales hidroeléctricas son rígidas. Los movimientos longitudinales que resultan de variaciones de temperatura no serían absorbidos mediante costosas juntas de dilatación.

Realizaremos los cálculos respectivos para verificar las posibles expansiones y contracciones producidas por los cambios de temperaturas de la zona donde está ubicada la minicentral.

Se tienen los siguientes datos:

Longitud de tubería (L)	: 50 m
Coefficiente lineal de expansión (α)	: 12×10^{-6} m/m°C
Modulos de elasticidad (E)	: 21×10^6 Kg/cm ²
Densidad (d)	: 7 900 Kg/m ³
Variación de temperatura (ΔT)	: 20°C
Diámetro de tubería (D)	: 0,770 m
Espesor de tubería (t)	: 4,7 mm

- Variación de Longitud (ΔL) :

$$L - L \alpha \Delta T \quad (\text{mm}) \quad (4.16)$$

$$L - 50 \times 12 \times 10^{-6} \times 20$$

$$L = 12 \text{ mm}$$

- Tensión por la dilatación térmica (s)

$$s = E a \Delta T \quad (\text{Kgf/cm}^2) \quad (4.17)$$

$$s = 21 \times 10^9 \times 12 \times 10^{-6} \times 20$$

$$s = 504 \text{ Kgf/cm}^2$$

- Fuerza Producida (Fe)

$$Fe = 31, s, D, t \quad (4.18)$$

Obtenemos para la tubería a fabricarse:

$$Fe = 31 \times 504 \times 0,770 \times 4,7$$

$$Fe = 56\,543,3 \text{ Kgf}$$

TABLA 4.3
PROPIEDADES DE MATERIALES USADOS EN FABRICACION DE
TUBERIAS

MATERIAL	MODULO DE YOUNG (Kgf/cm ²)	COEFICIENTE LINEAL DE EXPANSION (m/m°C)	DENSIDAD (Kgf/m ³)
Acero	21×10 ⁹	12×10 ⁻⁶	7900
Fierro fundido	8×10 ⁹	10×10 ⁻⁶	7200
Fierro dulce	17×10 ⁹	11×10 ⁻⁶	7300
PVC	0,28×10 ⁹	12×10 ⁻⁶	7900
Polietileno	0,02-0,08×10 ⁹	140×10 ⁻⁶	940
Concreto	2×10 ⁹	10×10 ⁻⁶	1800-2500
Asbesto cemento	-	8,1×10 ⁻⁶	1600-2100

h. Cálculo de Caída Neta y Perdida de Carga

La caída neta resulta de la caída bruta menos de las perdidas de energía debido a la fricción del tubo, los codos, la rejilla y la entrada.

$$H = H_b - \sum \Delta h \quad (\text{m}) \quad (4.19)$$

Donde

H_b : Caída bruta (m)

$\sum \Delta h$: Suma de pérdidas individuales de carga (m).

En nuestro caso H_b=26,6 m

Las pérdidas individuales de carga se acumulan como sigue:

- Pérdida en la rejilla (hr) (ver figura 4.7)

$$h_r = \epsilon_r \frac{V^2}{2g} \quad (m) \quad (4.20)$$

Donde:

ϵ_r = Coeficiente de pérdida

V_0 = Velocidad del agua entrante a la rejilla (m/s)

Como:

$$\epsilon_r = \beta \times \text{sen} \quad (d/a)^{4/3}$$

donde:

β : Coef. de forma de barras de rejilla.

: Angulo de indicación contra la horizontal.

d : Espesor de la barra = 6,35 mm (1/4").

a : Espacio entre barras = 16 mm (Min)

Reemplazando obtenemos:

$$\epsilon_r = 1,83 \times \text{sen}15 \times (6,35/16)^{4/3}$$

$$\epsilon_r = 0,125$$

$$V_0 = \frac{0,730}{3,10 \times 2} = 0,117 \quad m/s$$

For consiguiente:

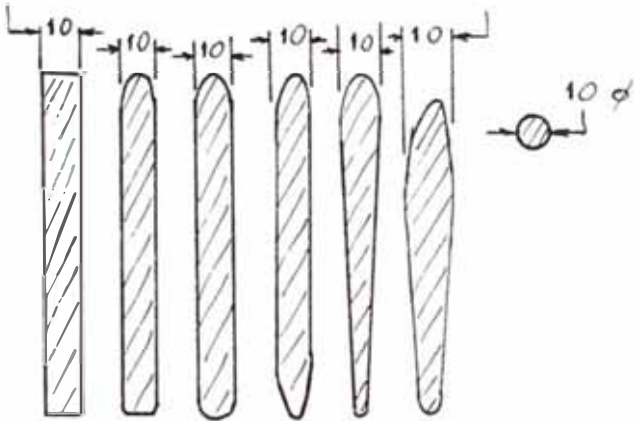
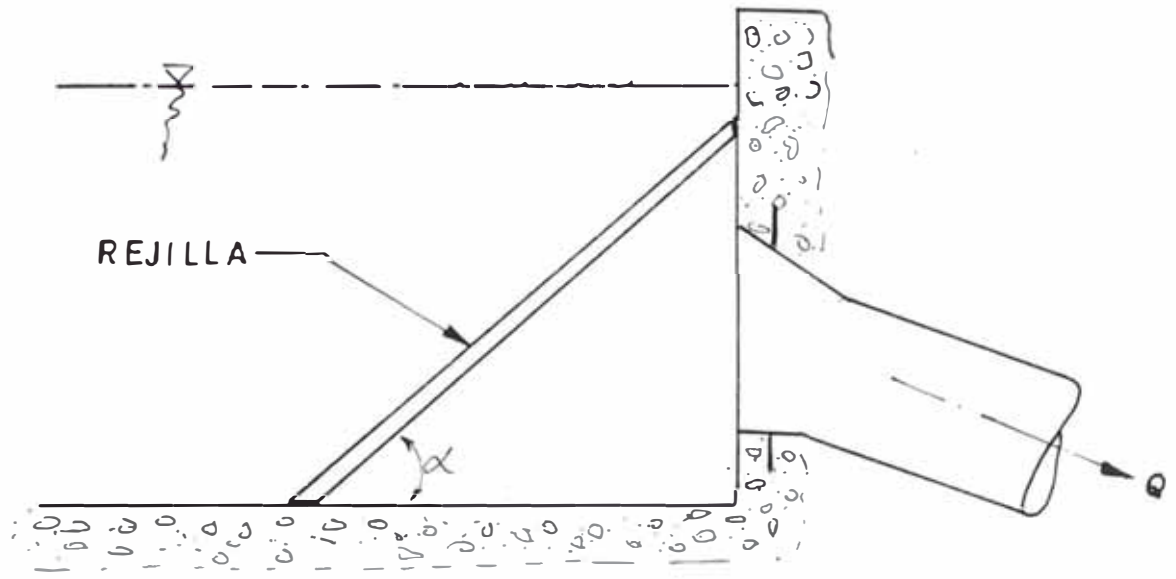
$$h_r = 0,125 \frac{(0,117)^2}{2 \times 9,8} = 8,70 \times 10^{-6} \quad m$$

$$h_r = 8,70 \times 10^{-6} \quad m$$

- Pérdida de Entrada (h_e) (ver figura 4.7)

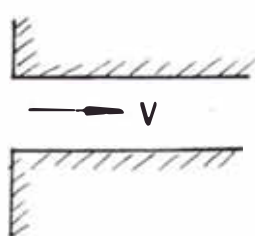
$$h_e = \epsilon_e \frac{V^2}{2g} \quad (m) \quad (4.21)$$

FIGURA 4.7
 COEFICIENTE DE FORMA β DE PERFILES DE LA REJILLA

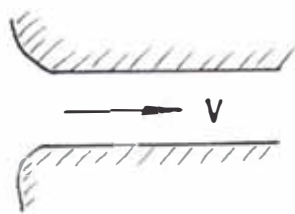


$\beta = 2.42 - 1.83 - 1.67 - 1.03 - 0.92 - 0.76 - 1.79$

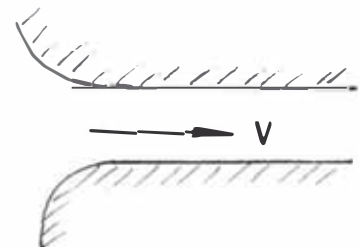
COEFICIENTE DE PERDIDAS EN ENTRADA



$\xi_E = 0.50 - 0.60$



$\xi_E = 0.30 - 0.40$



$\xi_E = 0.2 - 0.1$

Donde:

Velocidad dentro del tubo:

$$V = \frac{4 \times 10^6 \times 0,730}{\pi \times 770^2} = 1,56 \text{ m/s}$$

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{(1,56)^2}{2 \times 9,81} = 0,1253$$

Reemplazando obtenemos:

$$\epsilon_E = 0,40$$

$$h_E = 0,048 \text{ m}$$

- Pérdidas de Codos (h_K)

$$h_K = \epsilon_K \frac{V^2}{2g} \quad (\text{m}) \quad (4.22)$$

donde

ϵ_K = Coeficiente de pérdida (depende del ángulo del codo.

TABLA 4.4

Coeficiente de pérdida ϵ_K para codos de tubos

δ :	10°	15°	22,5°	30°	45°	60°	90°
ϵ_K :	0,044	0,062	0,154	0,165	0,320	0,684	1,265

En nuestro caso (02 codos) con:

$$\delta = 31^\circ \text{ y } \epsilon_K = 0,1753$$

Interpolando:

$$\delta = 36^\circ \text{ y } \epsilon_K = 0,227$$

Entonces reemplazando:

$$h_K = (0,1753 + 0,227) \times 0,1253 = 0,0504$$

$$h_K = 0,0504 \text{ m}$$

- Pérdidas por fricción en el tubo (h_f)

Es la más importante de todas las pérdidas individuales debido a la longitud de la tubería.

$$h_f = \lambda \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad (m) \quad (4.23)$$

Con coeficiente de pérdida:

$$\lambda = 0,01 \left(\frac{K}{D} \right)^{0,314} \quad (4.23A)$$

donde :

L = Longitud de la tubería (m)

D = Diámetro interior de la tubería (m)

K = Coeficiente de material del tubo.

γ = Viscosidad del agua en función de la temperatura

Para hallar estas formulas se recurrió al diagra de Moody (ver figura 4.8), con Número de Reynold:

$$Re = \frac{V \times D}{\gamma}$$

Para 10° C ----- $\gamma = 1,10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Para 20° C ----- $\gamma = 1,30^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Luego la rugosidad del tubo ó tambien la relación K/D y Re entramos al Diagrama de Moody y hallamos que el valor del coeficiente de perdida $\lambda = 0,01$ a $0,02$

Los valores del coeficiente de rugosidad "K" estan dados por:

- Tubos de acero (nuevos) K = 1,5
- Tubos de fierro fundido (nuevos) K = 2,5
- Tubos de acero (mucho tiempo usados o corroido) K = 5,0

- Tubos de acero (corroído después de bastante tiempo de operación) $K = 7,0$
- Tubos plásticos $K = 0,5$

Tomamos $K = 3$

lo que resulta

$$\lambda = 0,01 \left(\frac{3}{0,770} \right)^{0,314} = 0,0119$$

luego reemplazando en 4.23 resulta:

$$h_f = 0,0119 \frac{50,11}{0,770} \times 0,1253$$

$$h_f = 0,978 \text{ m}$$

- Pérdidas en Dispositivos de cierre (Válvulas) (h_v)

$$h_v = \epsilon_v \frac{v^2}{2g} \quad (\text{m}) \quad (4.24)$$

Donde:

ϵ_v = Coeficiente de pérdida (depende del tipo de válvula)

Válvula de estrangulación (mariposa) $\epsilon_v = 0,20-0,40$

Válvula esférica (de bola) $\epsilon_v = 0,1$

Válvula anular $\epsilon_v = 1,20-2,50$

Entonces para este caso usaremos válvula mariposa

$$\epsilon_v = 0,40$$

$$h_v = 0,40 \times 0,1253$$

$$h_v = 0,05012$$

Finalmente reemplazando en 4.19 obtenemos:

$$\Sigma \Delta h = h_{re} + h_{se} + h_{K} + h_f + h_v \quad (\text{m})$$

$$\text{Se obtiene: } \Sigma \Delta h = 0,25 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$H_{\text{neto}} = H_p - \Sigma \Delta h$$

$$H_{\text{neto}} = 26,6 - 0,25 = 26,35 \text{ mts.}$$

$$\underline{H_{\text{neto}} = 26,35 \text{ m}}$$

4.2.1.2. Dispositivos de Cierre de Seguridad y Accesorios.

a. Válvula

Es utilizada para abrir y cerrar el paso del agua de la tubería de presión a la turbina, que deberá ser de mando manual.

Estará ubicada antes del ingreso del flujo de agua a la turbina .

Existen varios tipos de válvulas tales como:

- Válvula de tipo Compuerta:

El cierre en el de este tipo es estanco Llevan dispositivos de by-pass, que permite el paso del agua de una a otra cara de la pantalla de la válvula, y equilibrados de este modo las presiones en ambas caras, la compuerta puede levantarse con menos esfuerzo.

- Válvula de tipo Mariposa :

Son empleados en saltos de no mucha altura pero de gran caudal. Consta de una pantalla de disco que obtura la tubería y que gira sobre un eje diametral. Tiene el inconveniente de no tener un cierre estanco y no permite servirse de ella para una regulación, por presentarse muchas pérdidas y también a consecuencia de las depresiones creadas dentro del disco que pueden ocasionar el fenómeno de cavitación.

Válvula de tipo Esférico:

Tiene la **forma esférica** y gira al rededor de un eje horizontal, la pérdida a que da origen es mínima y su cierre es estanco pero no permite que este cierre sea rápido en un caso de emergencia y para grandes caudales puede servir como válvula de regulación.

Tipo Seleccionado:

Según las especificaciones mencionadas, para este caso en particular donde se necesita una válvula de protección para un funcionamiento de altura relativamente baja y alto caudal, seleccionamos una **válvula tipo mariposa**.

Especificaciones Técnicas Requeridas:

En general se observan muy poco las propiedades hidráulicas de válvulas de cierre. Al circular el flujo alrededor del disco obturador actúan fuerzas hidrodinámicas cuya magnitud es determinada, entre otros factores, por la velocidad del flujo en la tubería. Por este motivo la magnitud del momento hidráulico es determinada por la velocidad.

El accionamiento se diseña usualmente en función de las resistencias al movimiento que resulta de la presión nominal actuando, en sentido unilateral, sobre la válvula mariposa cerrada.

De esta manera, la válvula mariposa debe operarse contra la plena presión nominal unilateral, pero no es posible conocer los límites en los que todavía se dominan los momentos hidráulicos producidos en posiciones intermedias.

Según las especificaciones técnicas y la información solicitada a los fabricantes respectivos se optó por

usar una válvula mariposa de las siguientes características:

Tipo	: Válvula mariposa
Velocidad máxima	: 3 m/s
Presión hidráulica en el cuerpo	: 9 bar
Presión hidráulica en el cierre	: 6 bar
Presión de servicio	: 6 bar
Accionamiento	: Manual por medio de engranaje irreversible, de tornillo sin fin, bajo un carter de fierro fundido, con topes limitadores, recubierto totalmente con material sintético anticorrosivo, dispuesto para ser maniobrado por un solo hombre.

Cavitación

Las válvulas mariposa pueden ser empleadas para la regulación del flujo en tanto sea debidamente considerado el aspecto de cavitación.

Se entiende por cavitación a la transformación de una parte de líquido en la fase de vapor que se efectúa en el intersticio de estrangulación durante la aceleración del líquido y la explosión posterior de estas burbujas de vapor.

La cavitación produce tres fenómenos, los mismo que se presentan:

1. La emisión sonora (ruido inoportuno)
2. Vibraciones (destrucción de fundamentos, daños permanentes)

3. Destrucción del material (desgaste en forma de cavidades manifestándose en el cuerpo de la válvula o en las paredes de la tubería).

Por consiguiente la cavitación constituye un límite que debe respetarse.

Para caracterizar este fenómeno, puede utilizarse la cifra de cavitación como sigue:

$$\sigma = \frac{H_2 + H_{at}}{(H_1 - H_2) + (v^2/2g)/10} \quad (4.25)$$

Donde:

- σ : Cifra de cavitación
- H_1 : Sobrepresión en la entrada de la válvula de mariposa (bar)
- H_2 : Sobrepresión en la salida de la válvula de mariposa (bar)
- H_{at} : Presión atmosférica (bar)
- v : Velocidad del flujo en la sección de la tubería (m/s)

Se produce cavitación si $\sigma \leq 1$

Por la cifra de cavitación " σ ", puede apreciarse que depende en primer lugar de la presión H_2 en la salida de la válvula de mariposa .

Presentamos la Figura 4.9 que indica la sobrepresión H_2 mínima requerida en válvulas del tipo mariposa, para evitar la cavitación.

En este caso para la válvula a seleccionarse se tiene una sobrepresión en la entrada de la válvula de $H_1=2,6$ bar lo que corresponde a una sobrepresión mínima requerida en la salida de la válvula H_2 en cada posición intermedia que equivale a 0,9 bar (línea de trazos).

Es decir bajo una presión en la entrada de 2,6 bar es posible realizar una reducción máxima de la presión.

$$H_1 - H_2 = 1,76 \text{ bar}$$

Reemplazando:

$$H_{at} = 1,033 \text{ bar}$$

$$v = 2,5 \text{ m/s (max.)}$$

Con lo que obtenemos: $\sigma = 1,112 > 1$

Esta cifra nos indica que el fenómeno de CAVITACION no se presentará para las condiciones planteadas.

b. Compuertas

La compuerta es un tablero rectangular que recorre sobre ranuras verticales, fabricada generalmente a base de plancha de acero estructural. Se utilizan con un sistema de tornillo de potencia que acciona la compuerta.

Para nuestro caso las compuertas instaladas están ubicadas en las siguientes partes:

- Compuerta de bocatoma:

Servirá para regular el caudal captarse, estará ubicada en el lugar de la antigua bocatoma existente con unas dimensiones de compuerta de 0,80 x 0,60 m.

- Compuerta de desgravador:

Tiene la finalidad de purgar pequeñas piedras que ingresen por la bocatoma eventualmente. Estará ubicada en la progresiva 0+120 (Ver plano), y tendrá las dimensiones de compuerta de 0,60 x 0,60 m.

Compuerta de desarenador:

Está ubicada a un costado del desarenador (en la progresiva 0+668), tiene la finalidad de evacuar la arena sedimentada en el momento requerido al abrir la compuerta hacia el canal de purga. Tendrá las dimensiones de: 0,6x0,6 m, con un tornillo de potencia de 1½ pulg. de diámetro.

Diseño y cálculo de compuertas

Para los siguientes cálculos se utilizarán unidades del sistema ASA.

Para el diseño y cálculo de compuertas (a), (b), y (c) mencionados y para reducir costos se realizará un solo tipo de compuerta para los tres casos. Para realizar el cálculo tomamos el caso más crítico que es el (c) por que es la que soportará más presión hidráulica por estar ubicada a una altura de 2,5 m por debajo del nivel de agua.

Como se menciona el sistema a usarse es el tipo compuerta deslizante con elevador de tornillo.

- Diseño del Tornillo de Potencia

El objetivo del tornillo de potencia es convertir el movimiento angular en movimiento lineal transmitiendo de esta manera una fuerza.

Se tiene los siguientes datos:

Altura compuerta (h) : 2,5 m

Ancho compuerta (b) : 0,6 m

Espesor de plancha (e) : 0,005 m

Carrera máxima : 20 pulg.

Material tornillo : Eje de acero SAE 1030

Material tuerca : Eje de acero SAE 1030

Coef. rozamiento (μ) : 0,4 (se toma alto por estar expuesta a todas las influencias atmosféricas)

Esf. compresión (S_c) : 10 500 lb/pulg²

Hilos por pulgada (n) : 3,5

Carga sobre el tornillo (F)

$$F = 1\ 000 \times \left(\frac{h^2}{2} \times b \right) \quad (1b) \quad (4.26)$$

$$F = 1\ 000 \times \left(\frac{2,5^2}{2} \times 0,6 \right) \times 2,2 = 4\ 125 \text{ lb}$$

Arco de raíz (Ar)

$$Ar = \frac{F}{S_c} = \frac{4\ 125}{10\ 500} = 0,392 \text{ pulg}^2$$

Por lo tanto, se obtiene un diámetro de tornillo $d_r = 0,70$ pulg.

Tomamos diámetro estandarizado de Rosca cuadrada:

$d = 1 \frac{1}{4}$ pulg.

$n = 3,5$ hilos/pulg.

$d_r = 1,25 - 2 (P/2)$

donde $P = 1/3,5 = 0,2857$

Obtenemos

$d_r = 0,68 = 0,70$ " \varnothing

$d_m = (d+d_r)/2 = 0,975$ pulg.

Longitud de tornillo (L)

Se cumple para tornillo de una entrada:

$$L = F = \frac{1}{n} = 0,285$$

Donde:

F = Paso de la rosca

n = Número de hilos por pulgada

Relacion de carga de compresion (δ)

$$\delta = \frac{\text{altura libre de tornillo}}{dr} = 20/0,7 \approx 8$$

Deberá calcularse como columna corta. (Ecuacion de Ritter o Johnson)

Revizando la condición autotrabante :

$$\tan \phi = \frac{0,285}{\pi \times 0,975} = 0,093 < \mu \quad (\text{Correcto})$$

Torque para elevar la carga (T) y vencer la fricción de la tuerca.

$$T = \frac{F \cdot dm}{2} \times \frac{L + (\pi \mu dm)}{(\pi dm) - (\mu L)} \quad (\text{lb-pulg}) \quad (4.28)$$

reemplazando obtenemos

$$T = \frac{(4 \ 125 \times 0,975)}{2} \times \frac{0,285 + \pi \times 0,4 \times 0,975}{\pi \times 0,975 - 0,4 \times 0,285}$$

$$T = 1 \ 029,8 \ \text{lb-pulg.}$$

También se debe calcular el torque en el collar que según recomendaciones tomamos en 3 000 PSI de esfuerzo de aplastamiento, o sea resulta :

$$3 \ 000 = \frac{F}{\pi/4 \times ((d_2)^2 - (d_1)^2)} \quad (4.29)$$

Si $d_1 = 3/4$ "
 $d_2 = 2 1/2$ "

$$d_c = d_1 + d_2 / 2 = 1,625 \text{ " } \phi$$

Torque del collar (T_c):

$$T_c = \frac{F \mu d}{2} = 1\,340,6 \text{ lb-pulg} \tag{4.30}$$

Torque total para elevar la carga resulta :

$$T_{total} = 1\,029,8 + 1\,340,6 = 2\,370,4 \text{ lb-pulg}$$

Eficiencia combinada

$$E_{con} = \frac{F \times L}{2 \times \pi \times T_{total}} \tag{4.31}$$

reemplazando:

$$E_{con} = \frac{4\,125 \times 0,285}{2 \times \pi \times 2\,370} = 0,0789 = 7,8 \%$$

Torque para descenso (T_d):

$$T_d = \frac{F d_m}{2} \times \frac{(\pi \mu d_m) - L}{\pi d_m + \mu L} \text{ lb-pulg} \tag{4.32}$$

reemplazando se obtiene:

$$T_d = 586,45 \text{ lb-pulg.}$$

Torque total para descender :

$$T_{td} = 2\,370,4 + 586,45 = 2\,956,85 \text{ lb-pulg}$$

Verificación por esfuerzo combinado:

Corte por torsión (τ_T):

$$\tau_T = \frac{16 \times T}{\pi d r^3} = \text{PSI} \tag{4.33}$$

reemplazando:

$$\tau_T = 15\,290,7 \text{ PSI}$$

Compresión (τ_c):

$$\tau_c = \frac{4 \times F}{\pi d r^2} \text{ PSI} \tag{4.34}$$

reemplazando obtenemos:

$$\tau_c = 10\,718,6 \text{ PSI}$$

Corte máximo (τ_{max}):

$$\tau_{max} = \left(\frac{\tau_T^2 + \tau_c^2}{2} \right)^{1/2} \text{ PSI} \tag{4.35}$$

reemplazando resulta:

$$\tau_{max} = 16\,202,7 \text{ PSI}$$

Esfuerzo normal máximo (τ_{Nmax}):

$$\tau_{Nmax} = \left(\frac{\tau_c}{2} + \frac{\tau_{max}}{2} \right)^{1/2} \text{ PSI} \tag{4.36}$$

reemplazando resulta:

$$\tau_{Nmax} = 5\,422,9 \text{ PSI}$$

Verificación de factores de seguridad (f)

$$f(\text{corte}) = 26\,000 / 16\,202,7 = 1,6$$

$$f(\text{compresión}) = 42\,000 / 5\,422,9 = 7,75$$

Con estos factores de seguridad verificados podemos concluir que el diseño es aceptable, por lo que no será necesario reemplazar las compuertas.

c. Reja de Protección

Estará ubicada a la entrada de la tubería de presión en la cámara de carga, su función principal es la de proteger la turbina, evitando el paso de material que lleva el agua, de esta manera prolongar la vida útil de la turbina. La reja de protección para facilitar su fabricación estará dividida en tres partes de 2,4x1,1 m, fabricada a base de perfil angular de 2x1/4 pulg. y platinas para el enrejado de 1 1/2x3/16 pulg.

La separación del enrejado será de 16 mm entre platinas que esta calculado en función a la separación de alabes del rodete de la turbina que en este caso es del tipo Michell-Banki, esta separación debe ser necesariamente menor que la de los alabes del rodete para evitar que cualquier material extraño se incruste y dañe las partes metálicas ocasionando una baja en el rendimiento de la turbina.

4.2.1.3. TURBINA

a. Generalidades

El tipo de turbina a ser empleada, esta determinada por la velocidad especifica (ns ó nq) que corresponde a las condiciones de funcionamiento dadas por la potencia, salto neto, velocidad de rotación (RPM) y eficiencia.

Existen tablas para selección de turbinas en función de sus parametros principales (ver figura 4.10)

b. Clasificación según el Número especifico de Revoluciones

El número especifico de revoluciones es un parametro auxiliar imprescindible puesto que nos determina que tipo de turbina podriamos utilizar de acuerdo a determinadas condiciones hidráulicas.

Las expresiones para evaluar el número especifico de revoluciones son las siguientes:

$$ns = N \frac{(P)^{1/2}}{(Hn)^{5/4}} \tag{4.37}$$

$$nq = N \frac{(Q)^{1/2}}{(Hn)^{5/4}} \tag{4.38}$$

Donde:

- P = Potencia en HP
- Hn = Salto neto en m
- N = Velocidad en RPM
- Q = Caudal en m³/s

Para los tipos de turbinas más conocidos y de mayor aplicación industrial y comercial y de acuerdo a este

criterio presentamos las tablas de selección así como los esquemas de selección (ver figura 4.10)

TABLA 4.5
SELECCION DE TURBINAS EN FUNCION DE n_s y n_q

Tipo de Turbina	n_s	n_q	H _{máx} admisible
Felton 1 Tobera	10 a 29	3 a 9	1800 a 400 (m)
Felton 2 Toberas	29 a 59	9 a 18	400 a 350
Felton 4 Toberas	59 a 118	18 a 36	300 a 200
Michell-Banki	29 a 220	9 a 68	400 a 80
Francis lenta	60 a 125	18 a 38	350 a 150
Francis normal	125 a 175	38 a 53	150 a 120
Francis normal	175 a 225	53 a 68	120 a 80
Francis rápida	225 a 350	68 a 105	80 a 35
Francis rápida	350 a 450	105 a 135	35 a 20
Hélice	350 a 600	105 a 180	75 a 18
Kaplan	600 a 800	180 a 240	18 a 12
Kaplan	800 a 1000	240 a 300	12 a 5

Una forma de selección consiste en la consulta de catálogos de fabricantes de turbinas, que permite seleccionar un tamaño estandar a partir de los datos de salto y caudal consecuentemente determinar la velocidad de giro correspondiente. Por otra parte, la selección del tipo de turbina depende también de la posibilidad y magnitud del mantenimiento así como del costo de maquinaria. Hay que tener en cuenta que en la elección del tipo de turbina al elevar las velocidades específicas se aumenta también la velocidad de salida del agua del rodete por lo tanto aumentan la depresión en la salida de la turbina. Todo ello da origen al fenómeno de cavitación muy perjudicial para la vida de las turbinas y que influye también en el rendimiento.

c. Selección del Tipo de Turbina

Se tienen los datos obtenidos siguientes :

$$H_n = 26,35 \text{ m}$$

$$Q_d = 0,730 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P = 120 \text{ kW}_m = 163,15 \text{ HP}$$

Calculando los números específicos en función de la velocidad de rotación (RPM), y reemplazando en las formulas 4.37 y 4.38 obtenemos :

$$n_s = N \frac{(163,15)^{1/2}}{(26,35)^{3/4}} = 0,213 \times N$$

$$n_q = N \frac{(0,730)^{1/2}}{(26,35)^{3/4}} = 0,0735 \times N$$

Asumiendo diferentes N (RPM) y calculando resulta :

TABLA 4.6
SELECCION DE TURBINA

N (RPM)	n_s	n_q	Tipo de Turbina
1 800	385	132	HELICE O KAPLAN
1 200	256	88	FRANCIS RAPIDA
900	192	66	FRANCIS RAPIDA
			MICHELL-BANKI
600	128	44	FRANCIS NORMAL
			MICHELL-BANKI
400	85	29	FRANCIS LENTA
400	85	29	MICHELL-BANKI
400	85	29	FELTON 4 TOBERAS

De igual manera manteniendo constante la velocidad de rotación i dando diferentes valores al n_s obtenemos el siguiente cuadro que puede observarse graficado en la figura adjunta.

TABLA 4.7
SELECCION DE TURBINA

ns (RPM)	N (RPM)	Tipo de Turbina		
80	374.08	MICHELL - BANKI	FRANCIS	PELTON
85	397.46			
90	420.84			
100	467,60			
110	514,36			
120	561,13			
130	607,89			
140	654,65			
150	701,41			
160	748,17			
170	794,93			
180	841,69			
190	888,45			
200	935,21			

Selección

Según nuestro caso analizaremos la selección para tres casos de turbina tipo Francis, Michell-Banki ó Pelton de 4 Toberas, con velocidades de rotación entre 400 a 900 RPM. que dependera del diseño mismo de la turbina seleccionada.

Caso No 1: Turbina Tipo Francis

Ventajas de Turbina francis

Debido a su mejor eficiencia se tiene un incremento de potencia en comparación con la Michell-Banki en un 6 % (9 kW adicionales de potencia al freno).

- Por la robustez de su diseño tiene mayor vida útil, en comparación con otras turbinas.

Desventajas Turbina Francis

El desmontaje de la turbina en casos de reparación/mantenimiento resulta muy complicado.

La turbina es muy susceptible a cavitación.

La curva de rendimiento de la turbina no es óptima (particularmente operando con caudales mucho menores que los de diseño)

Cortos tiempos de cierre de la turbina implican mayores golpes de ariete, cuando la tubería de presión es larga y esto resulta un sobredimensionamiento de el espesor de la tubería.

La turbina es más sensible a materiales en suspensión traídas en el agua, posibles desgastes llevan consigo la reducción del rendimiento.

El buen funcionamiento de esta turbina empieza con el 40% de su potencia de diseño, con pequeños caudales aparecen problemas de regulación.

Haciendo una comparación de costos, la inversión en una turbina Francis es 60% más cara que la de una del tipo Michell-Banki y 41% mas que la del tipo Felton.

Consultando a los fabricantes y proformas obtenidas se presenta las siguientes características técnicas:

Altura neta (Hn)	:26,35 m
Caudal de diseño (Qd)	:0,730 m ³ /s
Eficiencia Turbina (η)	:0,85
potencia al freno (F)	:160 kW
Velocidad nominal (N)	:720 RPM
Velocidad especifica (ns)	:154 RPM

Para este caso el costo estimado del equipo completo según cotizaciones realizadas es de US \$ 177 000,00.

Caso No Turbina Tipo Michell-Banki

Ventajas Turbina Michell Banki

Utilizando un tubo de succión se aprovecha todo el desnivel de agua

Su construcción multicelular, o sea la división del rodete en células en proporción de 1:2, permite operar la turbina con $1/3$ de su capacidad (en presencia de caudales medianos) y con toda su capacidad (en presencia de caudales grandes, mediante esta disposición de capacidades variables del flujo, cualquier caudal de agua es aprovechable con un óptimo rendimiento (las curvas de rendimiento resultan casi horizontales). Además debido a esta regulación se puede operar esta turbina a partir del 20% de su potencia nominal.

El dispositivo de regulación de caudal (alabe directriz) puede servir en algunos casos como órgano de cierre.

Una ventaja grande que se encuentra en esta turbina es en el rápido montaje del conjunto de la máquina y en el buen acceso a todos los elementos del equipo para posibles reparaciones o mantenimiento.

- Su costo, en comparación con el de otros tipos de turbina, resulta menor debido a su diseño simple.

Desventajas Turbina Michell Banki

- Tiene menor eficiencia en comparación con la de la turbina Francis.
- Su diseño no permite su utilización para minicentrales con potencias mayores a 500 kW.

Consultando con fabricantes y proformas obtenidas se presentan las siguientes características técnicas:

Altura neta (Hn)	:26,35 m
Caudal de diseño (Qd)	:0,730 m ³ /s
Eficiencia turbina (η)	:0.8
Potencia al freno (P)	:150 kW

Velocidad nominal (N)	:470 RPM
Velocidad específica (ns)	:100 RPM

Para éste caso el costo estimado del equipo completo según cotizaciones realizadas es de US\$ 100 000 00

Caso No 3: Turbina Tipo Pelton de 4 Toberas

Ventajas Turbina Pelton de 4 Toberas

Su construcción multicelular, o sea la división del caudal en cuatro partes, permite operar la turbina con 1/4 de su capacidad (en presencia de demanda de potencia medianos) y con toda su capacidad

El dispositivo de regulación de caudal Inyector puede servir en algunos casos como órgano de cierre.

Una ventaja grande que ese encuentra en esta turbina es en el rápido montaje del conjunto de la máquina y en el buen acceso a todos los elementos del equipo para posibles reparaciones o mantenimiento.

Desventajas Pelton de 4 Toberas

Tiene menor eficiencia en comparación con la de la turbina Francis y Michell-Banki

- Su diseño no permite su utilización de tubería de succión.

Para el caso de utilizar regulación automática el diseño del varillaje resulta complicado y caro.

El costo de este tipo de turbina es más caro que la del tipo Michell-Banki.

Para este caso la selección de una turbina Pelton de 04 Toberas resulta un tanto forzada por que es una caso considerado como de baja presión.

Consultando con fabricantes se obtuvieron las siguientes características técnicas:

Altura neta (Hn)	:26,35 m
------------------	----------

Caudal de diseño (Qd)	:0,730 m ³ /s
Eficiencia turbina (η)	:0,8
Potencia al freno (P)	:150 kW
Velocidad nominal (N)	:554 RPM
Velocidad específica (ns)	:118 RPM

Para éste caso el costo estimado del equipo completo segun cotizaciones realizadas es de US\$ 120 000 00

Conclusión de Selección:

Realizando una evaluación del caso y debido al amplio campo de aplicación de los tres tipos de turbinas (Francis, Michell-Banki y Pelton) con zonas traslapadas y analizando todas las ventajas y desventajas mencionadas podemos concluir que para éste proyecto se seleccionara una turbina tipo **MICHELL-BANKI**, la cual cumple con los requerimientos técnicos.

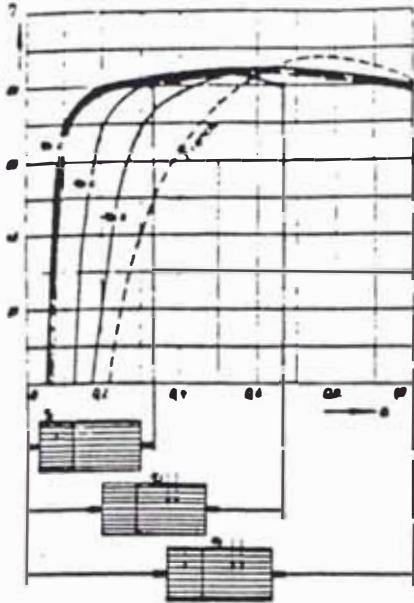
Características de la TURBINA MICHELL-BANKI

Es una turbina de acción, de flujo transversal, de admisión parcial y de doble efecto, que posee como elementos principales un inyector o tobera que regula y orienta el flujo de agua que ingresa a la turbina y un rodete que básicamente es el elemento que genera potencia. Actualmente la fabricación de turbinas Michell-Banki alcanza unidades con potencias máximas de 500 kW (ver figura 4.11).

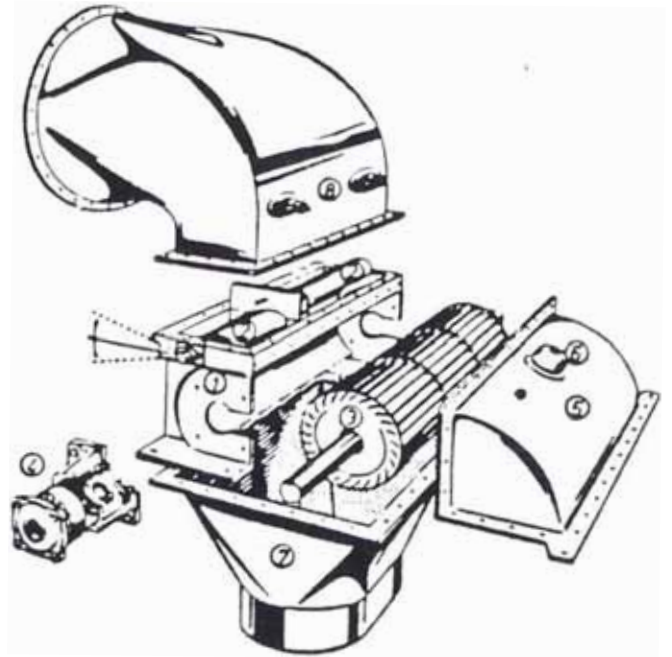
En el presente caso se instalará una turbina con sobrepresión, la cual necesita un tubo de aspiración que dejará aprovechar todo el desnivel del agua (caída total).

Con los datos obtenidos de salto neto aprovechable y caudal máximo se podrá realizar un diseño preliminar de los principales parámetros:

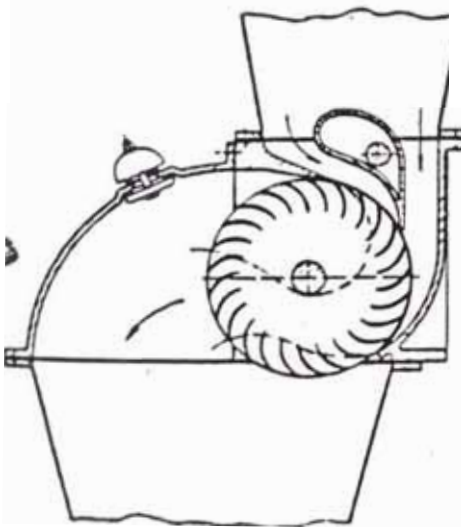
FIGURA 4.11
TURBINA TIPO MICHEL BANKI



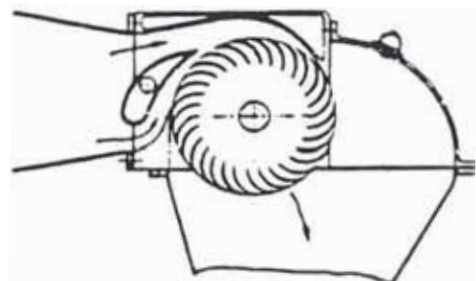
Curvas de rendimiento de acuerdo con diferentes caudales con uso de una o ambas células



- ① Carcasa
- ② Dispositivo de guía (palas giratorias)
- ③ Rodete
- ④ Cojinete principal
- ⑤ Caja angular
- ⑥ Válvula de aireación
- ⑦ Tubo de aspiración
- ⑧ Adaptor al tubo de presión



- Entrada vertical del agua a la turbina



- Entrada horizontal del agua a la turbina

Diseño Preliminar de la Turbina Michell-Banki

Datos iniciales:

Se tienen los siguientes datos iniciales:

$$P = \frac{F_g}{\eta_g \eta_{tr}} \quad (\text{kW}_m)$$

Donde:

P_t = Potencia al freno de la turbina.

F_g = Potencia en los bornes del alternador)

η_g = Eficiencia del Alternador (0,8)

η_{tr} = Eficiencia de transmisión (0,98)

Reemplazando obtenemos:

$$P = \frac{120}{0,85 \times 0,98}$$

$$P = 144 \text{ kW}_m.$$

Número Óptimo de Revoluciones

Dado que la transmisión entre turbina y alternador será efectuada a través de engranajes con cierta relación de transmisión, es necesario definir el RPM óptimo de la turbina en función de dos parámetros:

Altura neta de caída (H_n)

Diámetro exterior de rodete (D_e).

Se tiene la siguiente relación simplificada con la cuál hallamos el RPM óptimo:

$$N = \frac{39,85 \times H_n^{1/2}}{D_e} \quad (\text{RPM}) \quad (4.39)$$

Reemplazando y asumiendo diferentes diámetros del rodete obtenemos :

De (m)	N (RPM)
0,400	511
0,410	498
0,420	487
0,430	475
0,440	464
0,450	454

De acuerdo a las posibilidades de fabricación nacional e importada se estableció que el diámetro adecuado para el rodete de esta turbina será de:

$$De = 0,400 \text{ m}$$

Con una velocidad óptima de
 $N = 511 \text{ RPM}$.

Geometria del Inyector:

Existen diferentes tipos de geometria del inyector para turbinas Michel-Banki, algunos poseen un álabe de compuerta, otros un alabe directriz con geometrías variadas y en algunos casos se diseña el inyector sin alabe de regulación. También se diseñan inyectores con uno o dos compartimientos para mejorar la eficiencia de la turbina cuando opera a cargas parciales.

Para definir la geometria del inyector es necesario considerar en el diseño una buena conducción y aceleración del flujo de agua así como también una adecuada orientación y regulación de este flujo hacia los alabes del rodete.

Para nuestro caso, definimos que la geometria del inyector será con alabe directriz con su desarrollo aerodinámico, contemplandose en el diseño del inyector dos com-

partimientos independientes en proporción de 1/3 y 2/3 para tener la posibilidad de operar con cargas parciales.

Dado que para nuestro caso no es necesario desarrollar un diseño detallado de la turbina, ya que el fabricante deberá contar con los diseños respectivos solo será necesario indicar algunos parámetros de selección ya que el diseño mismo del rodete no sufre variación cuando se le diseña para diferentes saltos y caudales. La única dimensión que varía en función del salto y caudal con que se diseña la turbina es el ancho del inyector (B).

El ancho del rodete puede variar dependiendo de muchos factores conocidos (Q, P, H), pero tiene una influencia especial el arco de admisión (θ).

De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada se han encontrado 2 formulas que permiten evaluar el ancho del rodete :

$$B = 98,8 \frac{Q}{D_e H_n} \frac{1}{\theta^\circ} \quad (4.40)$$

$$B = 0,11 \frac{N \times Q^2}{\theta_{ad} P \times \tan \alpha} \quad (4.40A)$$

Con un ángulo de entrada del chorro de agua $\alpha = 17^\circ$, y un arco de admisión estimado en $\theta = 70^\circ$.

Reemplazando en 4.40 obtenemos :

$$B = 0,500 \text{ m}$$

Tubo de aspiración o succión

Dado que se tiene una altura de caída relativamente baja, para estos casos es conveniente colocar a la salida de la turbina un tubo de aspiración o succión de tal manera que al hacer la medición de altura de caída se tome como cota el nivel de agua a la salida, con lo cual estamos ganando altura.

Por principio según se mencionó inicialmente la turbina Michell-Banki es una **turbina** de libre desviación. No obstante en la regiones de caídas medianas y pequeñas es necesario la instalación del tubo de aspiración si se desea efectuar un montaje seguro contra **avenidas** y un aprovechamiento sin pérdidas de toda la altura del salto.

En una turbina de libre desviación, al incluir un tubo de aspiración, la columna de agua de aspiración ha de ser regulable. Se recomienda instalar una valvula de aireación simple de **resorte, de** modo que con un tubo de aspiración se puede aprovechar mejor los saltos.

Para nuestro caso dejamos como obsional la inclusión del tubo de aspiración. (ver figura 4.12).

4.2.1.4. Regulador de Velocidad

Se debe seleccionar un regulador de velocidad que garantice un funcionamiento eficiente para dar diferentes tipos de variaciones de carga que se produzcan en la minicentral.

Existen diferentes tipos mecánicos, oleomecánicos, hidráulicos y electrónicos, cada uno con sus propias características definidas según sea el caso.

Para nuestro caso, es necesario un regulador que responda en un lapso de tiempo determinado, la variación de carga en la demanda, que deberá accionar mediante un sistema de varillaje los alabes directrices de la turbina y según sea el caso abrir o cerrar adecuadamente.

De acuerdo a las especificaciones técnicas consultadas seleccionamos un regulador de las siguientes características:

Tipo	: Oleomecanico
Capacidad de trabajo	: 32 Kg/m
Elevación	: 68 mm
Tiempo de regulación	
Apertura	: A 95% del RPM nominal
Cierre	: A 110% del RPM nominal
Aceite	: Tipo hidráulico (#33-45cst)
- Accionamiento	: Mediante faja plana desde la turbina

4.2.1.5. Reductor de Velocidad y Volante de Inercia

a. Reductor de Velocidad

En vista que las velocidades de la turbina como la del alternador no son iguales, entre las dos existe una relación de transmisión del orden de $i=1\ 200/469$, será necesario un sistema de reducción de velocidad que sincronice ambas.

Para la transmisión de energía de turbina-alternador, en minicentrales hidroeléctricas son utilizados dos sistemas tradicionales:

Transmisión por medio de fajas.

Se recomienda para minicentrales con relaciones de transmisión de hasta $i=3$ aproximadamente como máximo, ya que para valores mayores se presentan dimensiones excesivas de poleas de transmisión.

Una ventaja interesante que hay que resaltar en este tipo de transmisión es el reducido ruido que ocasiona en su funcionamiento.

Tranmisión por medio de engranajes.

Se recomienda para relaciones de transmisión mayores que $i=3,5$, consiste en un sistema de engranajes (rectos o helicoidales) instalados dentro de un carter, generalmente inmersos en aceite.

Tiene las ventajas de tener mejor eficiencia ($\eta_{tr}=0,98$ aprox.) en comparación con la del sistema de fajas ($\eta_{tr}=0,95$ aprox), reducido espacio de instalación, larga vida útil.

El inconveniente que presenta este tipo de transmisión es el ruido que ocasiona en el funcionamiento, debido a que su principio de funcionamiento se basa en un contacto directo entre dos piezas metálicas.

Según el análisis técnico efectuado para nuestro caso, seleccionamos el sistema de transmisión por medio de engranajes. el mismo que tendrá las siguientes características técnicas:

Reductor tipo	: Engranejes helicoidales en baño de aceite.
Relación transmisión	: 2,55
Tipo de aceite	: Minerales para reductores con viscosidad ISO-VG220 /40°C mm/s
Extensión de ejes	: Paralelos, con extensión de eje para acoplamiento flexible.
Accesorios	: Ventilador, filtro de aire.

b. Volante de Inercia

Según los cálculos realizados **tendra** las siguientes especificaciones técnicas:

Material	: Acero AISI 1020 tipo disco
Diámetro	: 750 mm.
Ancho	: 180 mm
Potencia de diseño	: 165 kW.
Momento de Inercia	: 42 Kg m ² .
Peso	: 500 kg.
Velocidad nominal	: 1 200 RPM.
Balaneo	: Dinámico a 1 200 RPM.

El volante de inercia estará ubicado en la extensión del eje del alternador sobre 02 chumaceras y unida en sus extremos por medio de acoples flexibles tanto al eje del alternador como al del reductor de velocidad.

4.2.1.6. Alternador y Tablero de Controla. Alternador

Número de polos

El número de polos (p) está dado por:

$$p = 120 \times f / N$$

$$p = \frac{120 f}{\text{-----}}$$

(4.44)

Donde :

p - Número de polos

f - Frecuencia = 60 Hz

N - RPM síncrono del Alternador,

En el presente caso seleccionamos N - 1 200 RPM

Luego reemplazando resulta:

$$p = 6 \text{ polos}$$

Potencia del alternador:

se tienen los siguientes datos :

Potencia de turbina (Pt)	- 144 kW
Eficiencia del Alternador (η_g)	- 0,89
Eficiencia de transmisión (η_{tr})	0,98
Factor corrección por altura (f)	1,0

Luego calculamos la potencia del alternador:

$$P_g = \frac{P \eta_g \eta_{tr} f}{\cos \phi} \quad (\text{kVA}) \quad (4.45)$$

reemplazando: $P_g = 164,5 \text{ kVA}$

Tomamos una potencia de diseño estandarizada de

$P_g = 170 \text{ kVA}$

En consecuencia el alternador para nuestro caso deberá cumplir con las siguientes características técnicas:

Tipo	: Trifásico, sin escobillas, regulación automática
Potencia	: 170 kVA
Cos ϕ	: 0,8
Número de fases	: 03
Tensión	: 400/230 V
Tensión entre fases	: 400 V
Tensión fase-neutro	: 230 V
Frecuencia	: 60 Hz.
Velocidad nominal	: 1 200 RPM
Velocidad embalamiento	: 2 400 RPM
Aislamiento	: Clase F
Regulación de tensión	: + 30 V (electrónico)
Refrigeración	: Por corriente de aire
Cojinetes	: Reengrasables

b. Tablero de Control

Deberá ser del tipo autosoportado, a base de plancha de acero, completamente cerrado, con puerta frontal, pintado con anticorrosivo y acabado, con juntas de goma para evitar la entrada de polvo.

El panel incluirá los siguientes instrumentos:

- Amperímetros
- 01 Kilowatímetro
- 01 Frecuencímetro de dial
- 01 Voltímetro
- 01 Commutador voltimétrico
- 01 Medidor de energía activa kWh
- 01 Juego de transformadores de corriente.

Los sistemas de protección deberá contar con :

- 01 Interruptor de gran potencia con disparo térmico tripolar de sobrecorriente, disparo rápido de corto circuito, y con disparo por falta de tensión.
- 01 Reles de sobre tensión
- 01 Juego de fusibles

Los materiales descritos deberán estar montados de acuerdo a la disposición de las especificaciones técnicas respectivas, se presenta al final de los capítulos el plano del tablero de control.

4.2.1.7. Sub-estación de Salida

a. Celda de Transformación (22,9/13,2 kV)

Todos los cálculos justificativos respectivos complementarios se indican en el Capítulo IV. La celda de transformación será del tipo caja-abierta, autosoportada, formada por una estructura de perfil angular en cuyo interior estará alojada el transformador elevador, sistema de barras, colectoras, los

cortacircuitos, fusibles unipolares y los aisladores portabarras

Será fabricada de perfil angular de 2"x1/4", armable con pernos, con protección lateral de planchas de fierro de 2 mm de espesor, tendrá una puerta frontal de dos (2) hojas con bisagras para giro de 180° hacia afuera, recubiertos con malla de alambre galvanizado No 12, con cocadas de 2".

Toda la carpintería metálica sometida a un proceso de limpieza profunda y aplicación de dos (2) capas de pintura anticorrosiva y una (1) capa de pintura de acabado.

Tendrá las siguientes dimensiones

Ancho	: 1,50 m
Profundidad	: 1,50 m
Altura	: 2,20 m

Equipado con los siguientes aparatos:

Transformador de Potencia

Trifásico, en baño de aceite, con refrigeración natural para montaje interior con las siguientes características:

Potencia nominal	: 200 kVA
Tensión primaria	: 380/230 V
Tensión secundaria	: 22,9/13,2 kV
Conexión lado baja tensión	: Y
Conexión lado alta tensión	: Y
Número de bornes primarios	: 04
Número de bornes secundarios	: 04
Regulación de tensión	: ±2,5% ±5%
Altura de trabajo	: 3,950 m.s.n.m.

Cortacircuitos fusible (03)

Unipolar en caja cerrada de porcelana de alto poder de ruptura, provisto de tres (03) bases portafusibles

(para fusibles, Wickman, Siba ó BBC) de las siguientes características :

Tension: 24 kV

Corriente: 16 A

Aisladores portabarras (09)

De porcelana o resinas epóxicas para uso interior, para zonas con bastante humedad de las siguientes características:

Código : CE-24/750

Tensión nominal : 24 kV

Tensión de sostenimiento a frecuencia industrial por minuto : 55 kV

Resistencia de rotura : 750 Kg

Línea de fuga : 444 mm

Accesorios metálicos (09)

Unicromados para el sostenimiento de las barras de cobre, tipo FBA-80 "Bekora S.A."

Barras colectoras (03)

De cobre electrolítico de 50x20x3 000 mm, para conexión celda de transformación y celda de salida.

Sistema de barras de cobre (01)

De 25x400x10 mm para conexión barras colectoras fusibles y transformador.

b. Celda de Salida 24 kV con Interruptor, Seccionador FNAG

Estará constituida por una estructura metálica, autoportada, fabricada con perfil angular de 2"x1/4", armable por medio de pernos y tuercas, con protecciones laterales y puerta frontal de plancha de fierro 2 mm de espesor. La puerta frontal tendrá bisagras para giro de 180° toda la carpintería metálica sometida a proceso de limpieza profunda con

aplicación de (02) capas de pintura anticorrosiva y (01) capa de pintura de acabado, tendrá las siguientes dimensiones:

Ancho : 1 200 mm

Profundidad : 1 500 mm

Altura : 2 200 mm

Equipada con los siguientes accesorios y equipos:

Cartuchos fusibles (03)

Sistema de barras colectoras (01)

Cabeza terminal (01)

Cable NKY

4.2.2. Disposición de los equipos en la casa de máquinas y esquema de principios

- Disposición de Casa de Máquinas

Según los diseños realizados se definió que la casa de máquinas será edificada sobre un área de 83,4 aproximadamente, tendrá dos ambientes, uno principal para los equipos y otro para el operador de la minicentral hidroeléctrica.

Se ha previsto que los equipos electromecánicos sean instalados en la parte central del ambiente principal. El eje de transmisión del sistema turbina-alternador hace 90° con respecto al eje de la tubería de presión.

Así mismo, se ha previsto que la subestación de salida esté instalada dentro de la casa de máquinas en un lugar especialmente acondicionado (ver plano de montaje de casa de máquinas)

4.2.3. Sistemas de protección y control

Cálculo de Malla a Tierra

Está destinada a conducir y dispersar diversos tipos de corrientes eléctricas cumpliendo dos propósitos importantes:

- a. Evitar gradientes peligrosos entre la infraestructura de superficie y el suelo para la protección de las personas, mediante tensiones de toque y pasos de baja magnitud y protección de los equipos evitando potenciales nocivos y el entreteneamiento de descargas
- b. Propiciar un circuito conductor/dispersor de baja impedancia para la correcta protección manteniendo de los potenciales referenciales y la dispersión rápida de elevadas corrientes evitando de esta manera sobre tensiones de rayo o deterioro por corrientes de corto circuito y también para el retorno de corrientes de operación normal, como en los sistemas de conducción en corriente continua, neutro a tierra en corriente alterna y protección catódica.

Resistividad típica de los suelos

El mal comportamiento eléctrico de la mayoría de los suelos, está determinado por el contenido de óxido de silicio y óxido de aluminio, que son altamente resistivos.

La conductividad representa un fenómeno esencialmente electroquímico ó electrolítico y por los tanto depende de la cantidad de agua depositada ó del nivel de humidificación existente.

Corriente permisible por el cuerpo humano (i)

Está dado por la expresión :

$$i = \left(\frac{0,0135}{T} \right)^{1/2} \quad \text{Amp} \quad (4.46)$$

Donde:

T = Tiempo del cortocircuito (asumimos $T = 0,1$ s)

Reemplazando obtenemos $i = 0,367$ Amp.

Tensión de toque permisible (E_T)

Esta dado por:

$$E_T = i(R_k + 1,5 \ \&s) \quad (4.47)$$

Donde:

R_k = Resistencia de un hombre (tomamos $R_k = 1\ 000 \ \Omega$)

$\&_s$ = Resistencia superficial del terreno ($\&_s = 3\ 500 \ \Omega\text{-m}$)

Reemplazando obtenemos: $E_T = 2\ 294$ V

Tensión de paso permisible (E_P)

Está dado por:

$$E_P = i(R_k + 6 \ \&s) \quad (4.48)$$

Reemplazando obtenemos $E_P = 8,074$ V

Selección del conductor

La sección del conductor (A) está dado por:

$$A = \frac{I (33 T)^{1/2}}{1973 \left(\text{Log} \left(\frac{t_m - t_a}{234 + t_a} + 1 \right) \right)^{1/2}} \quad (\text{mm}^2) \quad (4.49)$$

Donde:

A = Sección del conductor (mm^2)

t_m = Temperatura máxima permisible (361°C)

t_a = Temperatura ambiente (20°C)

T = Tiempo de acción del seccionador ($0,10$ s)

Reemplazando obtenemos: $A = 22,27$ mm^2

Sección mínima (S_{min})

$$S_{min} = \frac{I_{sc}}{160} = \frac{14,706}{160} = 91,9 \text{ mm}^2$$

Para este efecto seleccionamos una sección para la malla a tierra. $S_{min} = 150 \text{ mm}^2$

Luego: $d = 0,0138 \text{ m}$

Se selecciona una malla a tierra de acuerdo a la área que ocupa la casa de máquinas de $8 \times 7 \text{ m}$ y conductores de $1,7 \text{ m}$, enterrado a $0,5 \text{ m}$ por debajo de la loza se obtiene una longitud de 90 m de conductor.

Longitud de diseño (L)

De acuerdo a los cálculos efectuados tomamos una longitud de diseño de $L=90 \text{ m}$

Resistencia de la puesta a tierra de la malla (R)

Esta dada por $R = \frac{\rho}{4 \times r} + \frac{\rho}{L}$

Reemplazando obtenemos : $R = 2,81 \Omega < 3 \Omega$

La tensión de paso en la periferie de la sub estación, de acuerdo a los cálculos efectuados resulta:

$$E_{ps} = 4971 \text{ V} < 8074 \text{ V}$$

Entonces la tensión de toque ofrecido por la malla sera de:

$$E_m = 2184 \text{ V} < 2294 \text{ V}$$

Por lo tanto la malla de tierra será de $8,7 \text{ m}$ conectados a distancia de $1,5 \text{ m}$ y enterrados a $0,5 \text{ m}$ de profundidad con un conductor de cobre desnudo de 150 mm^2 de sección, cableado.

TABLA 4.8
RESISTIVIDAD TIPICA DE LOS SUELOS

TIPO DE TERRENO	RESISTIVIDAD APARENTE	
	(Ohmios-metro)	
Terreno vegetales	10	50
Arcillas, limos	20	80
Tierras de cultivo	50	100
Arena arcillosa	80	200
Fango, turbas	150	300
Tierra aluvional	200	500
Arena y dunas	250	800
Pedregales	300	1 000
Rocas compactas	1 000	10 000
Feldespatos secos	3 000	20 000

TABLA 4.9
RESISTIVIDAD TIPICA DE LAS AGUAS

TIPO DE AGUA Y CLASE	RESISTIVIDAD ESPECIFICA:	
	(Ohmios-metro)	
Agua de precipitacion		
lluvia, nieve, granizo	30 -	1 000
Aguas superficiales		
moviles		
. Puras	3 000	
. Salobres		0,1
. En roca ignea	30	500
. En roca sedimentaria	100	1 000
Aguas superficiales		
estancadas		
. En roca ignea	30 -	150
. En roca sedimentaria		1
Aguas aflorantes		
. Con sales minerales	0,03 -	0,1
. Con relaves de minas		0,3

4.3. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE OBRAS DE INGENIERIA

4.3.1. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA OBRA CIVIL

4.3.1.1. Condiciones generales

En cada ítem se indica la descripción técnica, la misma que contiene todas las Especificaciones necesarias para la ejecución exitosa de la obra.

Normas

Todos los materiales a ser suministrados y todos los trabajos a ser ejecutados, se ajustarán a las normas que se detallan a continuación. Estas normas regirán las presentes Especificaciones, aún cuando no estuvieren directamente expresadas, debiendo hacerse referencia a su número de código.

Fabricantes

Todas las partes deberán ser fabricadas y suministradas por fabricantes de reconocido prestigio y colocadas por el Contratista en las Instalaciones de Obra, libre de daños y de manera ordenada.

Obligación de los Contratistas

Es obligación de los Contratistas entregar todos los materiales probados según las normas establecidas en las presentes Especificaciones, debiendo conseguir del fabricante los certificados de todas las pruebas requeridas.

Manual de Instrucciones de Operación

El Contratista tiene la obligación de suministrar, al final del período de construcción, seis copias de un Manual de Instrucciones de Operación y el Mantenimiento del Sistema. Este Manual deberá describir por completo, la operación de todos los

trabajos previstos bajo el Contrato, incluyendo medidas a ser tomadas en caso de emergencia o parada imprevista.

Medición

Las siguientes unidades de medidas y abreviaciones se establecen para efectos de estimaciones :

- | | |
|------------------|----------------|
| . Milímetro | mm |
| . Metro | m |
| . Metro Cuadrado | |
| . Metro Cúbico | m ³ |
| . Kilogramo | kg |
| . Tonelada | T |

Trabajos Topográficos

Los trabajos de medición requeridos para la ejecución de los trabajos de acuerdo a los planos, serán llevados a cabo por el Contratista como parte del proceso de construcción. Las mediciones deberán referirse a la topografía básica y a los puntos de referencia indicados en los planos.

El Contratista marcará los puntos de replanteo, en una forma adecuada que permita el control por parte del Ingeniero, quedando establecido que el Contratista es enteramente responsable por la colocación, el mantenimiento y la medición de estos puntos. Para todas las obras a realizar, el Contratista realizará:

- . Replanteo longitudinal antes y después de la realización de los trabajos.
- . Perfiles transversales, antes y después de la realización de los trabajos.
- . La distancia de los puntos en los perfiles será a la aprobación del Ingeniero.

Personal

La ejecución de la obra requiere un personal técnico de alta calificación y experiencia. Junto con la oferta, el Contratista deberá entregar la nómina y los curriculums vitae, de los ingenieros que él va a emplear en la construcción de la Obra.

4.3.1.2. Movimiento de tierras

Se incluirá dentro de este rubro todo lo concerniente a movimientos de tierra en lo que tiene que ver a excavación de tierra, eliminación de estructuras, conformación de zanjas para colocación de tuberías, colocación de replantillos en el fondo de las zanjas, rellenos, excavación para cimentaciones, etc.

Demolición y eliminación de estructuras

Se entiende por la demolición y evacuación de estructuras permanentes de mampostería y/o concreto, existentes en el emplazamiento de las obras. Para cada caso de ocurrencia se necesitará la orden expresa del Ingeniero, la cual la confirmará en el Cuaderno de Obra respectivo.

Excavación para Estructuras Especiales

Cuando por razones de corte la estructura se profundice a alturas mayores de 3 m. y las paredes sean inestables a criterio del Ingeniero, estas excavaciones deberán tener soportes o entibados, si es que no se puede controlar con la inclinación adecuada de acuerdo al material.

Excavación en Fino

Las labores que se indican a continuación, serán realizadas en conformidad a las correspondientes prescripciones indicadas en las normas, siempre que las presentes Especificaciones no indiquen lo

contrario, incluyéndose en este ítem de trabajo las excavaciones de zanja para colocación de tuberías, y excavación para la construcción de cámaras y bloques de anclajes a lo largo de las obras de caída.

Excavación para Obras Especiales (cámaras y bloques de anclaje)

Bajo este ítem se entiende las excavaciones necesarias, para la construcción de cualquier obra especial requerida a lo largo de las obras de caída, como serían los bloques de anclaje y la cámara de succión dentro de la casa de máquinas.

Excavación del Perfil del Canal

Una vez realizado el terraplén del canal o de las obras especiales, se procederá a la excavación del perfil del canal de descarga. Esta excavación se deberá realizar a mano o con maquinaria especial adecuada la que garantice que el subsuelo no será disturbado y/o ablandado. La superficie del perfil excavado deberá ser alizada y compactada mediante vibradores de capacidad de por lo menos 3 000 Kg.

Excavación para Obras Especiales

Bajo este ítem se entiende las excavaciones necesarias para la construcción de cualquier obra especial.

Rellenos en Obras de Concreto

El material destinado para estos rellenos debe ser no expansivo y estar libre de piedras, tierra vegetal y suelos provenientes de pantanos. El Ingeniero tomará en todos los casos la decisión sobre la aptitud de este material y el Contratista deberá hacer una preselección, antes de presentar al Ingeniero el material que él intenta usar; sobre este particular se dejará constancia en el Cuaderno de Obra.

4.3.1.3. Concreto

Comprende la provisión de los agregados, cemento, mano de obra, herramientas, equipos, etc. y todos los materiales que se requieren, así como lo que sea necesario para completar las obras de concreto en las estructuras de carácter permanente requeridas para la obra contratada.

a. Materiales a Utilizar para la Mezcla

Cemento

Salvo otras prescripciones, será utilizado exclusivamente cemento Portland tipo I, producido en el mercado nacional.

Agregados

Se entiende por agregados, el material fino (arena) y el grueso (grava o cascajo) que junto con el cemento y agua forman la mezcla de concreto.

Estos materiales deberán ser libres de tierra vegetal, arcilla, polvo y en general de cualquier materia extraña, deberán ser lavados y almacenados de forma tal, que se evitará su humedecimiento o su mezcla con materiales extraños o con diferente granulometría.

b. Colocación y vibrado de la mezcla

El mezclado podrá ser iniciado, sólo cuando el Ingeniero haya concluido todas las inspecciones necesarias y dado, en base las mismas, su autorización para este trabajo.

c. Control de calidad del concreto

Le incumbe al Contratista, preparar la mezcla de forma tal que se obtenga un concreto homogéneo e impecable. A más tardar 3 semanas después del comienzo de los trabajos, el Contratista realizará un diseño de mezclas y número suficiente de ensayos para distintas composiciones de mezcla. De esta manera, se evitarán pérdidas de tiempo en la ejecución de las obras, debidas a la elección de la composición de la mezcla.

Aqua

El agua para la realización de la mezcla, debe ser limpia, excenta de impurezas, tener un FH no menor de 7, libre de materia orgánica, aceites, ácido, álcalis, sedimentos, partículas en suspensión o cualquier substancia perjudicial para su uso.

Aditivos

Serán permitidos aditivos para mejorar las características del concreto, siempre y cuando los mismos sean aprobados por el Ingeniero.

La autorización oficial para el uso de estos materiales y/o referencias de cualquier substancia adicional, debe ser presentada al Ingeniero cuando éste lo requiera. Todos los gastos y costos suplementarios de los aditivos para el concreto, corren por cuenta del Contratista.

Curado de Concreto

El concreto fresco, deberá ser protegido contra la radiación directa de la luz solar, debiendo el Contratista tomar las medidas adecuadas para el efecto, para lo cual hará conocer al Ingeniero, él mismo que la aprobará de considerarla adecuada.

Mezcla de Concreto

Todas las clases de concreto que se utilizarán en el presente trabajo, serán mezcladas a máquina. Las mezclas a mano serán excepcionales y deberán ser autorizadas por el Ingeniero.

Encofrados

El encofrado previsto, será aprobado por el Ingeniero y será de tal tipo forma que el concreto terminado satisfaga todas las exigencias, y que a la vista se tenga un concreto tipo industrial, es decir que las superficies de las obras de concreto armado estarán libres de porosidad superficial, de fisuramiento y de irregularidades. Consecuentemente, se deberán usar encofrado de madera de buena calidad, como por ejemplo, águano laurel, amarillo, u otras, cepilladas y de igual espesor.

Concreto Fobre (Solados)

Se refiere este ítem, a la colocación de una capa de concreto de baja resistencia, en espesores que varían entre 5 y 10 cms. de acuerdo a lo indicado por el Ingeniero y que servirá de capa de emparejamiento, sobre la que se podrá fundir cualquier tipo de concreto armado.

Concreto Simple

Bajo este ítem consideramos la realización de concreto no armado para cualquier fin (bloques de anclaje, cimientos corridos, sobrecimientos, etc.). Las características a utilizar para este tipo de concreto son mezcla con una resistencia a la compresión a los 28 días de $f'c=140$ kg/cm² y $f'c=100$ kg/cm² respectivamente. Además, puede utilizarse este tipo de concreto donde el Ingeniero lo determine, dejando constancia en el Cuaderno de Obra de las órdenes al respecto.

Concreto Ciclópeo

Dentro de este ítem se entiende el concreto no armado, mezclado con piedra grande y mediana, según indicación del Ingeniero. El concreto ciclópeo puede contener hasta 30% de piedra grande o mediana, y será vaciado contra la tierra.

Contratista deberá cumplir con todos los requerimientos de calidad de los materiales utilizados tanto en lo que tiene que ver con el cemento, agregados y agua.

Concreto Estructural

Dentro de este ítem se entiende el concreto armado para obras especiales como fondo, cobertura y paredes laterales de la cámara de succión, zapatas, columnas, vigas, etc o según indicación del Ingeniero.

El concreto armado especificado para estas obras será $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=175$ kg/cm². Definiéndolo además, como estructural por que las condiciones de este tipo de concreto son aptos para conformar con el fierro el concreto armado según indican los planos de diseño estructural.

Juntas

Bajo este ítem, se incluye las juntas a implementar y que se requerirán para las construcciones de concreto. Las juntas de construcción, se localizarán en las posiciones indicadas en los respectivos dibujos, o como lo estipulase o aprobase el Ingeniero.

Acero para Armaduras

Bajo este ítem, se consideran las barras de acero requeridas, como armaduras para el concreto armado. Estas barras serán de acero corrugado grado 60, y con un esfuerzo a la fluencia de $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$.

4.3.1.4. Obras de protecciónEnrocado Simple

Bajo este ítem se entiende los enrocados simples, sin sostén de concreto, para la protección contra las aguas superficiales de juntas y protección en general que se realizarán de la siguiente manera: primeramente, se colocará el pie del enrocado en forma de escollera a mano, para crear una base fija para el enrocado del talud. Este pie deberá ser empotrado en el terreno por lo menos 40 cms..

4.3.1.5. Especificaciones particulares para la casa de máquinasConcreto Simple

Las especificaciones de esta sección se refieren a todas aquellas obras en que se ha empleado concreto sin refuerzo metálico, en particular incluye a los cimientos corridos y sobrecimientos, falsos pisos, aceras, sobre rellenos, etc..

Cimientos corridos

Son de concreto ciclópeo (cemento-concreto), con una resistencia a la compresión de $f'_c=100 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días de fraguado con una proporción de mezcla 1:10 con 30% de piedra grande. Antes de vaciar el concreto, se comprobará la verticalidad de los muros, luego de humedecido se compactará y procederá a su nivelación y limpieza del fondo de las zanjas.

Sobrecimientos

Siguiendo el mismo procedimiento se construyen los sobrecimientos, con una mezcla en proporción 1:10, igual que en el caso anterior, con una resistencia a la compresión de 100 kg/cm², pero con la adición de piedra mediana.

Falsos pisos

Los ambientes llevarán falsos pisos de concreto 1:10 (cemento-hormigón) de 0.10 m. de espesor. Antes del proceso de vaciado se procederá a limpiar la zona apisonada y se humedecerá. La resistencia del concreto será igual a $f'c=100$ kg/cm².

Pisos

Los pisos de cemento se efectuarán con un mortero de 1.5 cms. de espesor frotachado y bruñado cada metro, cuidando el nivel adecuado.

Veredas

Son de 0.20 m. de espesor y 0.70 m. de ancho, cuya construcción será de concreto simple, similar al falso piso anteriormente descrito, acabado con un mortero 1:4 (cemento - arena fina), bruñado formando cuadrículas de 1.0 m.

Revestimientos

Esta sección comprende todos los acabados, revestidos en muros, tarrajeos y enlucidos en ambientes exteriores e interiores.

El tarrajeo en todos los ambientes externos e internos se efectuarán utilizando mezcla de mortero cemento-arena 1:4 con un espesor aproximado en interiores de 1.0 cms. y en exteriores de 1.5 cms.

Carpintería de madera

Se refiere a la preparación, ejecución y colocación de todos los elementos confeccionados en madera que aparecen indicados en los planos. Todas las puertas exteriores e interiores serán confeccionadas de madera águano o similar, de tablero rebajado.

Las ventanas todas de madera con sus respectivos vidrios, a excepción de las de la celda de transformación en la casa de máquinas, las que serán enmalladas para facilitar la ventilación del equipo.

Coberturas

La cobertura de la casa de máquinas está constituida por planchas de calamina acanalada de 1.83 m. x 1.05 m. sobre estructura (tijerales) de madera águano.

El proceso de colocación se hará haciendo primero una hilera vertical completa llegando hasta la cumbrera y alineándola cuidadosamente con un cordel para obtener un buen resultado verificando que la línea de las ondas sea perpendicular a las correas. El traslape mínimo utilizado entre planchas de calamina es de 20 cms., en casos de superposición lateral de una onda aproximadamente.

Pintura

Previamente al pintado se procederá al emporre o emparejamiento de los muros con tiza y cola, para que la pintura se adhiera plenamente. Una vez terminada la preparación de los diferentes elementos, se pasará la primera capa, dando un tiempo prudencial para el secado y seguidamente pasar la segunda capa de pintura.

Instalaciones eléctricas

Se utilizarán tuberías livianas de 5/8" SEL standard europeo con calibre y espesor mínimos establecidos en el Código Eléctrico del Perú.

Todos los conductores serán del tipo AWG números 10, 12 y 14 de acuerdo a los elementos y funciones que deberán cumplir. Las cajas utilizadas serán las octogonales y rectangulares galvanizadas para tomacorrientes como para centros de luz.

4.3.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA OBRA ELECTROMECÁNICA

4.3.2.1. Suministro de materiales y equipos

Las presentes especificaciones técnicas tienen por objeto definir las principales características técnicas y requerimientos que deben satisfacer los equipos electromecánicos que conforman la Minicentral Hidroeléctrica.

a. Condiciones generales

Alcance

Las presentes condiciones cubren aspectos genéricos de las especificaciones técnicas de los materiales y/o equipos electromecánicos a utilizarse en la implementación de los equipos electromecánicos.

Ubicación

Los diversos materiales y/o equipos electromecánicos a suministrarse, serán instalados en la Minicentral Hidroeléctrica de COCLA, que es materia del presente proyecto.

Unidades de Medida

Todas las dimensiones y medidas que aparezcan en la documentación técnica del equipo, serán dadas en unidades del Sistema Internacional SI.

Normas

Las especificaciones técnicas señalan en forma directa o implícita las normas generales para los equipos a suministrarse, relativas a su fabricación y garantías requeridas.

Documentación Técnica

Los fabricantes y/o proveedor deberán presentar adjunto a su oferta, los folletos descriptivos, esquemas, pesos y dimensiones generales instrucciones de servicio y mantenimiento, y cualquier otra información que se considere necesaria para la identificación y operación del material y/o equipo suministrado.

Después de otorgar la Buena Pro a un fabricante y/o Postor, éste estará obligado a proporcionar dibujos, esquemas y descripciones detalladas, así como folletos de instalaciones que indiquen los procedimientos de instalación y mantenimiento del equipo suministrado, incluyendo listas de repuesto completas.

Ensayos y Pruebas

El fabricante de los materiales y/o equipos suministrados deberá efectuar durante la etapa de fabricación todas las pruebas normales señaladas directa o implícitamente en las especificaciones técnicas particulares. Así mismo se deberá prever un protocolo de pruebas antes de la puesta en marcha de la minicentral.

Embalaje

En las especificaciones técnicas particulares se indica la forma de embalaje en cada caso. De no mencionarse explícitamente, el embalaje se hará en cajas, jabs u otra protección adecuada, que impida daños o deterioros del material, durante el transporte desde la fábrica, hasta el lugar de montaje en obra.

Ofertas Alternativas

Cada postor presentará una oferta básica que corresponda exactamente a lo especificado, sin embargo, si así lo desea podrá también presentar ofertas alternativas por materiales y/o equipos que ofrezcan resultados similares de comportamiento y seguridad, que los descritos en las especificaciones técnicas. Esta alternativa será acompañada de la información técnica suficiente que permita su evaluación al Propietario

Garantías

El fabricante garantizará que los materiales y/o equipos que suministre sean nuevos y aptos para cumplir con las exigencias del servicio a prestar y por lo tanto libres de defectos inherentes a materiales o mano de obra

Alcances del Suministro

El suministro comprende todos los elementos necesarios para un funcionamiento correcto para la generación de energía eléctrica dentro de los límites especificados, cualquier deficiencia e incompatibilidad de las especificaciones, condiciones, y descripciones adverso a este requerimiento el fabricante deberá formularlos en su oferta.

b. Tubería de Presión

Como se ha previsto en el presente suministro contemplará el diseño y fabricación local de la tubería de presión a base de plancha de acero estructural rolada y soldada convenientemente.

Objeto:

Fabricación de tubería forzada de la Minicentral Hidroeléctrica de acuerdo a planos y especificaciones técnicas.

Características de la Tubería

Diámetro interior	: 0.760 m
Diámetro exterior	: 0,770
Material	: Acero estructural SIDERPERU
Longitud de cada tubo	: 1,22 m (4 pies)
Longitud tubo difusor	: 1,5 m
Longitud primer tramo	: 1,2 m
Longitud segundo tramo	: 2,4 m
Longitud tercer tramo	: 3,6 m
Numero de codos	:

Especificaciones técnicas

Geometría

La tubería será rolada de planchas completas para conseguir 0,77 m de diámetro exterior, considerando una longitud de plancha de 2,4 m aprox.

Las planchas normalmente tienen variaciones en sus medidas, el fabricante considerará este aspecto y las dimensiones de los tubos deberán estar de acuerdo a

las dimensiones prescritas con las tolerancias especificadas.

- Soldadura

Se soldarán dos cordones por junta con arco eléctrico manual:

- . Cordón de penetración Electrodo E-6011 (Cellocord AF)
- . Cordón de relleno Electrodo E-7018 (Supercito)

Luego de realizado el cordón de penetración deberá removerse la escoria cuidadosamente y se procederá a esmerilar para obtener una base exenta y poder depositar el cordón de relleno. Las juntas de soldadura a lo más deberán formar una "T" y no se permitirá formar cruz "+".

- Tolerancias

- Para tramos de 3,6m : ± 5 mm
- Para tramos de 2,4m : ± 4 mm
- Diámetro exterior : 0,77 m: ± 3 mm
- Ovalización del tubo : $\pm 1,5$ mm
- Para ángulo : $\pm 0/5^\circ$ (se controlará con Goniómetro)

Pruebas de recepción

- Soldadura

Se deberá realizar pruebas no destructivas tanto en fábrica como en obra. Para este caso se recomienda el uso de tintes penetrantes en cordones seleccionados al azar. Se deberá probar la soldadura con presión de agua en el lugar de montaje verificando la estanqueidad.

- Geometria

Se deberán revisar todas las medidas de acuerdo a los planos y especificaciones técnicas y verificar que estas estén dentro de la tolerancia indicada.

Acabado

Se deberá dar un acabado con dos capas de pintura anticorrosiva.

c. Dispositivos de Cierre de Seguridad y Accesorios

Valvula

Deberá cumplir con las especificaciones técnicas siguientes:

Tipo	: Válvula mariposa
Velocidad máxima	: 3 m/s
Presión hidráulica en el cuerpo	: 9 bar
Presión hidráulica en el cierre	: 6 bar
Presión de servicio	: 6 bar

Accionamiento

El diseño deberá ser exentrico con disco obturador dispuesto de doble exentricidad con relación al eje el accionamiento podrá ser mediante un engranaje de tornillo sin fin y un engranaje integrado por segmento dentado cilindrico y tornillo sin fin, respectivamente los cuales serán irreversibles. Todas las partes de la valvula deberán ser resistentes a la corrosión. El diseño debe ser tal que pueda ser maniobrado por un solo hombre contra la presión nominal. De preferencia no requerirá mantenimiento (lubricados de por vida).

Compuertas

En vista que en las instalaciones existentes, poseen las compuertas de desarenador y cámara de carga, se realizaron las verificaciones respectivas llegandose a la conclusión que las compuertas existentes cumplen con las especificaciones técnicas requeridas por lo que no será necesario su fabricación.

Reja de Seguridad

Estará ubicada al inicio de la tubería dentro de la cámara de carga y su función será la de evitar el ingreso de material extraño que pueda dañar la turbina. Para facilitar su fabricación y el montaje sea sencillo, será dividida en tres partes dos de las cuales tendrán forma trapezoidal y la tercera (central) de forma rectangular, como se indica en los planos respectivos.

Serán fabricadas a base de perfil angular de 2"x1/4" y el enrejado a base de platina de 1 1/2"x3/16" los cuales deberán ser pintados con dos capas de pintura anticorrosiva.

d. Turbina

Deberá cumplir con las sgtes. especificaciones :

Tipo	: Michell-Banki
Altura neta	: 24,5 m
Caudal de diseño	: 0,750 m ³ /s
Eficiencia	: 0,8
Potencia al freno	: 144 kw
Velocidad nominal	: 470 RPM
Velocidad de desboque	: 940 RPM
Velocidad específica	: 109
Diametro de rodete	: 0,400m (estimado)
Ancho de rodete	: 0,550m (estimado)
Procedencia	: Importado

Se instalará una turbina con sobrepresión, la cual necesita un tubo de aspiración para aprovechar todo el desnivel del agua (caída total). El dispositivo de regulación de caudal (Alabe directriz) puede servir también en algunos casos como órgano de cierre.

El fabricante deberá proveer los accesorios necesarios para el control de funcionamiento de la turbina, tales como manómetro, válvula de presión negativa, varillaje, herramientas especiales y otras que viere por conveniente.

e. Regulador de Velocidad

Se debe seleccionar un regulador de velocidad que garantice un funcionamiento eficiente para lograr diferentes tipos de variaciones de carga en la minicentral.

Es necesario un regulador que responda en un lapso de tiempo determinado a una variación de carga determinada, mediante un sistema de varillaje que actúe sobre los alabes directrices de la turbina y según sea el caso abrir o cerrar adecuadamente.

De acuerdo a las especificaciones técnicas seleccionamos un regulador de las características siguientes:

Tipo	: Oleomecánico
Capacidad de trabajo	: 32 Kg/m
Elevación	: 68 mm
Tiempo de regulación	
Apertura	: A 95% del RPM nominal
Cierre	: A 110% del RPM nominal
Aceite	: Hidráulico (\approx 33-45 cst a 50°C)
Accionamiento	: Mediante faja plana, desde la turbina

f. Reductor de Velocidad y Volante de Inercia

- Reductor de Velocidad

En vista de que las velocidades de la turbina y del alternador no son iguales, existiendo entre las dos una relación de transmisión del orden de $i=1\ 200/470$, será necesario un sistema de reducción que sincronice ambas velocidades.

Según el análisis técnico efectuado para el presente caso, se seleccionó el sistema de transmisión por medio de engranajes. Este sistema tendrá las siguientes características técnicas:

Reductor tipo	: Engranajes helicoidales en baño de aceite.
Relación de transmisión	: 2,55
Tipo de aceite	: Minerales para reductores con viscosidad ISO-VG220/40°C mm/s
Extensión de ejes	: Paralelos, con extensión de eje para acoplamiento flexible.
Accesorios	: Ventilador, filtro de aire.

- Volante de Inercia

Según los cálculos realizados tendrá las siguientes especificaciones técnicas:

Material	: Acero AISI 1020 tipo Disco
Diámetro	: 750 mm.
Ancho	: 180 mm.
Potencia de transmisión	: 165 kW.
Momento de inercia	: 42 Kg m ²
Peso	: 500 kg.
Velocidad nominal	: 1200 RPM.
Balaneo	: Dinámico a 1 200 RPM.

El volante de inercia estará ubicado sobre la extensión del eje del alternador, sobre 2 chumaceras unida en sus extremos por medio de acoples flexibles al eje del alternador y Reductor de velocidad respectivamente.

g. Alternador y Tablero de Control

- Alternador

El alternador será de tipo síncrono, sin escobillas, autorregulado, con rectificadores rotativos, autoexcitado, dimensionado de acuerdo a la velocidad de emba-lamiento de la turbina con bobina de amortiguamiento para operación en paralelo y para operación con carga desequilibrada de 100%.

alternador deberá trabajar con el neutro puesta a tierra para el caso eventual de ocurrir corrientes de triple frecuencia nominal.

El alternador tendrá las características siguientes

Tipo	: Sincrono 3 φ
Potencia	: 175 KVA
Cos φ	: 0,8
Número de fases	:
Tensión nominal	: 400/230 V
Tensión entre línea	: 400 V
Tensión fase neutro	: 230 V
Frecuencia nominal	: 60 Hz
Velocidad nominal	: 1 200 RPM
Velocidad de embalamiento	: 2 400 RPM
Clase de aislamiento	: F
Rango de regulación de tensión	: + 30 V
Tipo de regulación de tensión	: Electrónico

- Tablero de Control

El tablero de controles la que se encargará de la medición, control, maniobra y protección de la generación eléctrica turbina-alternador, donde irán centralizados los equipos eléctricos auxiliares para permitir una adecuada operación y supervisión del funcionamiento de la minicentral hidroeléctrica. Así mismo, el proveedor acompañará con planos de detalle de montaje como los esquemas de conexionado eléctrico.

Principales Equipos Eléctricos Auxiliares que Contendrá el Tablero Eléctrico.

03 Amperímetros

01 Kilowatímetro

01 Frecuencímetro de dial

01 Voltímetro

01 Commutador voltimétrico

01 Medidor de energía activa KWH

01 Juego de transformadores de corriente.

Dentro de los sistemas de protección deberá contar con :

- 01 Interruptor de gran potencia con disparo térmico tripolar de sobrecorriente, disparo rápido de corto circuito, y con disparo por falta de tensión.
- 01 Relés de sobre tensión
- 01 Juego de fusibles

Los materiales descritos deberán estar montados de acuerdo a la disposiciones de las especificaciones técnicas respectivas.

Especificaciones Generales

Estas especificaciones cubrirán los siguientes instrumentos: Amperímetros C.A. y C.D, Voltímetros C.A y C.D., Kilovatímetro C.A., Frecuencímetro, y Cosfímetro.

Clase	: 1,5
Dimensiones frontales	: 96 x 96 mm
Tipo de fijación	: Muelles, tensores
Longitud de escala	: 0,5 mm
Tensión de servicio	: 380/230 V C.A.
Frecuencia	: 60 Hz
Consumo	: < 5 VA

Transformador de Intensidad

De un sólo conductor con aislamiento en seco, nucleo anular, que se puede enchufar al conductor primario (barras, platinas, etc.).

Clase	: 0,5
Índice de sobre intensidad	: $I_n < 5$
Intensidad térmica	: $I_t > 20 I_n$

Accesorios de protección y maniobra

Relés subtensión, sobretensión, máxima intensidad, frecuencia, auxiliares

Tensión	: 380/220 V C.A.
Frecuencia	: 60 Hz
Tiempo para I_{max}	: 1 s
Temporización	: 0,1 - 5 s

Interruptores

Compactos de alta performance, trifásica con mecanismo, indicador de posición, abierto o cerrado.

Tensión nominal : hasta 500 V C.A.

Frecuencia : 60 Hz

Contactores

Electromagnéticos, tripolares, con 8 contactos auxiliares

Tensión : 380/220 V

Frecuencia : 60 Hz

Otros Equipos Auxiliares

Commutador voltimétrico de posiciones: R-S, R-T, S-T, RMP, SMP, TMP.

Tensión : 380/220 V

Frecuencia : 60 Hz

h. Celda de Transformación (22,9/13,2 kV)

La celda de transformación será del tipo caja-abierta, autosoportada formada por una estructura de fierros angulares, cuya función principal es la de dar seguridad al personal operador, por otro lado, la de alojar al transformador elevador de tensión, sistema de barras, colectoras, los cortacircuitos fusibles unipolares y los aisladores portabarras.

La celda de transformación será de construcción de perfil angular de 2"x1/4" (armable con pernos), con protección lateral con planchas de fierro laminado en frío de 2 mm de espesor, tendrá una puerta frontal de 2 hojas con bisagras para giro de 180° hacia afuera, recubiertos con malla de alambre galvanizado No 12, con cocadas de 2".

Tendrá las siguientes dimensiones :

Ancho de la Celda : 1,50 m

Profundidad : 1,50 m

Altura : 2,20 m

Equipado con los siguientes aparatos :

Transformador de Potencia

Tipo trifásico en baño de aceite con refrigeración natural para montaje interior para las siguientes condiciones :

Potencia nominal	:200 KVA
Tensión primaria	:380/230 V
Tensión secundaria	:22,9/13,2
Conexión lado baja tensión	
Conexión lado alta tensión	
Número de bornes primarios	:04
Número de bornes secundarios	:04
Regulación de tensión	:±2,5% ±5%

1. Celda de Salida (24 kV)

Estará construida por una estructura metálica autosoportada construida por una estructura de fierros angulares de 2"x2"x1/4" (armable por medio de pernos y tuercas), con protecciones laterales y puerta frontal de plancha de fierro laminado en frío de 2 mm de espesor. La puerta frontal tendrá bisagras para giro de 180° toda la carpintería metálica sometida a proceso de limpieza profunda con aplicación de 2 capas de pintura anticorrosiva y 1 capa de pintura de acabado, tendrá las siguientes dimensiones

Ancho	: 1 200 mm
Profundidad	: 1 500 mm
Altura	: 2 200 mm

Equipado con :

01 Interruptor seccionador de potencia tripolar, montaje interior y accionamiento bajo carga, con sistema de desconexión automática a la fijación de cualquiera de los fusibles, sistema de apagado del arco por medio de soplo de aire, montado sobre un chasis metálico, mando manual con palanca para montaje sobre el frente de la celda (puerta frontal).

Tendrá las siguientes características :

Tensión nominal : 24 KV
 Corriente nominal : 400
 Corriente de sierra : 40 KA
 Poder de sierra contra cortocircuito : 40 KV

03 Cartuchos fusibles de alto poder de ruptura de las siguientes características :

Tensión : 24 KV
 Intensidad : 16 A

01 Sistema de barras colectoras de cobre electrolítico de 25x400x10 mm, para conexión del interruptor con las barras colectoras y terminal fusible y la cabeza terminal (24 KV).

01 Cabeza terminal para montaje interior de 24 KV para capacidad de 3x25 mm² NKY

30 Metros de cable NKY de 3x25 mm².

4.3.3. Montaje y pruebas de equipos electromecánicas

4.3.3.1. Montaje

a. Objeto

Las presentes condiciones generales tienen por objeto establecer los lineamientos y aspectos relacionados con el montaje de equipos electromecánicos del presente Proyecto, por lo tanto complementan a las especificaciones técnicas y normas detalladas para la instalación de equipos y materiales dadas por los fabricantes.

b. Alcance de los Trabajos

Se cubren básicamente:

Retiro de almacenes y transporte hasta el lugar de montaje de los materiales y equipos electromecánicos a instalarse.

Montaje de los equipos electromecánicos según las especificaciones técnicas respectivas y los planos del Proyecto, hasta que queden en perfectas condiciones de funcionamiento.

c. Normas y Experiencias

Además de las especificaciones técnicas, el Contratista tendrá en cuenta las disposiciones, reglamentos y Normas de Construcción vigentes.

d. Calificación del Personal

Para la ejecución de las obras materia del presente Proyecto el Contratista deberá emplear personal calificado y competente, con experiencia en trabajos similares y cuya capacidad garantice la buena ejecución de la Obra.

e. Planos y Especificaciones

El Contratista pondrá en conocimiento del Ing. Inspector designado por el propietario, cualquier discrepancia que pudiere encontrar entre los planos y las condiciones físicas de la Zona del Proyecto, durante la ejecución de Obra, proponiendo en Cuaderno de Obra las soluciones a adoptarse en cada caso.

f. Modificaciones e Imprevistos

Cualquier modificación del Proyecto adicional que pudiera surgir durante la ejecución de obra, deberá ser consultada a través del Cuaderno de Obra y sólo se ejecutará una vez que se haya obtenido la aprobación del Ing. Inspector si así fuese el caso.

g. Material de Montaje, Equipo y Servicios

El Postor con su propuesta presentará una lista de los equipos, materiales y herramientas de montaje, que se propone utilizar en la ejecución de la obra, los mismos que serán montados y operados por cuenta del Contratista.

h. Recepción, Pruebas en Servicio

A la finalización del montaje, el Contratista solicitará la Recepción de la Obra. El Contratista comunicará por escrito al Ing. Inspector las fechas en que tendrán lugar los ensayos y pruebas, por lo menos con una anticipación de 10 días.

Será necesario que el contratista además del personal adecuado y capacitado para este tipo de trabajo, cuente con equipos transportables tales como:

- . Maquina de soldadura eléctrica con su propio motor combustion.
- . Equipo de soldadura autogena de corte
- Instrumentos de precisión (eclímetro, nivel de mecánico, etc)
- . Herramientas diversas.

Montaje de Tubería

Una vez concluida la casa de máquinas se procederá al montaje del tramo de tubería

Montaje de válvula, turbina y regulador de velocidad

Una vez terminado el montaje de tubería de presión se deberán hacer los preparativos para el montaje de los equipos electromecánicos de la casa de máquinas para lo cual el contratista deberá prever además de los equipos mencionados en el ítem (a) lo siguiente que deberá ser entregada al usuario al concluir el montaje y pruebas de la M.C.H., para que sirva en futuros trabajos de mantenimiento de los equipos:

- . Bastidor para montaje desarmable de 2,60 m de altura, una luz entre soportes de 2,10 m, con una viga tipo I que pueda soportar 3 Ton.
- . Un tecele mecánico con capacidad de 1 Tonelada.
- . Herramientas diversas.

Así mismo, el contratista deberá contar con personal calificado para este trabajo. se prevén los siguientes trabajos:

- . Manipuleo y presentación de la válvula, turbina y regulador de velocidad a sus respectivos lugares de montaje.
 - . Colocar el tubo de succión en el agujero del piso y apoyarlos en las esquinas, mediante perfiles metálicos a una altura determinada (ver plano de casa de máquinas)
- Después de que las superficies de los marcos del tubo de succión hayan sido limpiadas y engrasadas se colocará la turbina cuidadosamente (ayudándose siempre con el te-

- cle), y atornillarla respectivamente, excepto los pernos de las esquinas donde podran ir pernos de nivelación.
- . Colocar el cono de entrada a la turbina atornillandolo adecuadamente, cuidando **siempre de** mantener el nivel adecuado.
 - . Presentar la válvula sobre un apoyo metalico que pueda servir de anclaje de tal forma que coincidan las bridas del cono de entrada con el de la valvula y atornillarlos respectivamente
 - . Atornillar la otra brida de la válvula con la brida de la tubería de presión (suelta),dejar espacio para empaquetadura.
 - . Controlar la nivelacion de la turbina (aún no en forma definitiva).
 - . Soldar la brida suelta con la tubería de presión, proceder soldando primero costuras en cruz de 3 cm de largo, cada 10 cm, luego soldar en su totalidad.(de acuerdo a las mismas especificaciones de la tubería de presión).
 - . Desentornillar la válvula y sacarla completamente de su posición y soldar internamente la brida con la tubería de presión y finalmente pintarla.
 - . Pegar la empaquetadura de goma a la válvula y luego colocarla entre ambas bridas cuidadosamente y ajustar todos los tornillo
 - . Nivelar la turbina exactamente en los dos ejes (eje de turbina y eje de tubería de presión), con una tolerancia de 1/10 mm por metro.
 - . Ajustar definitivamente los tornillos entre turbina/tubo de succión y turbina/cono de entrada.
 - . Encofrar y vaciar la base de la turbina y válvula con concreto de acuerdo a especificaciones técnicas.
 - . Una vez fraguado el concreto montar el regulador de velocidad adecuadamente en la posición que le corresponda.

Montaje de reductor, volante de inercia y alternador

Una vez concluido el item anterior se debe hacer los preparativos para el montaje del reductor, volante de inercia y alternador; que de preferencia deberán ir montados sobre una misma estructura metálica cuyo ensamble haya sido pre-montado en fabrica.Se preven las siguientes acciones:

- . Manipuleo y presentación del pedestal de base cuyo sistema de nivelación se recomienda ser igual al de la turbina (4 pernos de nivelación en las esquinas).
- . Montar sobre el pedestal el reductor de velocidad, volante y alternador **acoplándolos** adecuadamente verificando las luces entre acoples según las recomendaciones del fabricante.
- . **Nivelar** el pedestal comprobando el nivel de precisión en los dos ejes y en lugares previamente asignados y pulidos por el fabricante, del mismo modo controlar los acoples entre reductor de velocidad y volante, volante y generador, atornillando los pernos de regulación y verificar muy cuidadosamente las luces de los acoples. la nivelación debe ser con una precisión de 1/10 mm por metro.
- . Encofrar y vaciar todo el pedestal adecuadamente.
- . Durante el vaciado es importante controlar la nivelación y en caso dado mejorarla.

Montaje de tablero de control

Una vez concluida los trabajos del ítem (c) se debe esperar por los menos 48 horas para que frague la mezcla de concreto y luego proceder a montar el tablero de control, para lo cual se prevé las siguientes acciones :

- . Instalar el tablero de control en su lugar designado
- . Abrir la tapa de bornes terminales del alternador e instalar el cable de conexión NKY adecuadamente.
- . Instalar el cable terminal al tablero de control, verificar cuidadosamente las instalaciones eléctricas.

Montaje de Celda de transformación

La estructura metálica de la celda de transformación deberá ser montada una vez concluida la casa de máquinas, así mismo se debe instalar las rieles base del transformador, se prevén los siguientes trabajos :

- . Montaje de transformador elevador que ira apoyado sobre sus propias ruedas metálicas.
- . Realizar las conexiones respectivas entre transformador y celda de seccionamiento y protección de acuerdo a las especificaciones técnicas.

Montaje de malla de tierra

Dicha malla de tierra se debera instalar antes de vaciarse la loza de la casa de máquinas, tendra 8x7 m de contorno con un espaciamento entre conductores de 1,7 m de acuerdo a las especificaciones tecnicas .Dicha instalación debera ser a 0,5 m de profundidad debajo de la loza de casa de máquinas

4.3.3.2. Pruebas y Puesta en Marcha

Tanto los fabricantes como el contratista deberán realizar pruebas en fabrica como en obra respectivamente que cumplan con todas las normas establecidas al respecto.

a. Pruebas en fábrica

Válvula

- . Prueba de operación y estanqueidad de la válvula

Turbina

- . Pruebas no destructivas de rodete Michell-Banki, segun especificaciones de calidad
- . Pruebas de balanceo dinámico del rodete.
- . Pruebas de embalamiento de rodete.
- . Pruebas hidrostáticas de elementos sometidos a presión.
- . Inspección y verificación de componentes.

Regulador de velocidad

- . Simulación de operación con motor hidraulico
- . Verificación de componentes

Alternador

- . Prueba del alternador
- . Prueba de velocidad de desboque
- . Pruebas de aislamiento
- . Verificación de los componentes

Tablero de control

Prueba del tablero tanto instrumentos como sistemas de protección.

b. Pruebas en obra

- . Inspección y prueba de la tubería de presión con agua inicialmente en forma estática verificando la estanqueidad, así mismo una vez en operación verificar toda la tubería.
- . Inspección y prueba de todos los elementos de la casa de máquinas (válvula, turbina, regulador, reductor, alternador).
- . Operación en vacío de la turbina
- . Simulación de operación del sistema de protección
- . Rendimiento a diferentes cargas
- . Características de regulación de tensión, frecuencia y embalamiento de la turbina.
- . Estanqueidad de agua, aire y aceite de los diferentes componentes.

4.3.4. Metrados y presupuestos

De acuerdo a las cotizaciones y a los metrados realizados se presenta los costos unitarios, parciales y totales los que dan el total de inversión necesaria para la ejecución del presente Proyecto.

En los anexos se presentan los metrados y presupuestos detalladamente.

CAPITULO V

ESTUDIO DE LINEA Y RED DE DISTRIBUCION PRIMARIA A 10 KV A LA PLANTA AGROINDUSTRIAL COCLA

5.1. Memoria Descriptiva

5.1.1. Generalidades

El presente capítulo comprende el diseño de la línea de subtransmisión, casa de máquinas la planta agroindustrial COCLA, como parte del diseño de la minicentral hidroeléctrica. La línea de subtransmisión se extiende desde la subestación elevadora, hasta una subestación en barbotante, recorriendo una longitud de 4 036 metros. La línea de subtransmisión tendrá las siguientes características :

Potencia a transmitir	: 120 kW
Tensión nominal	: 10 kV
Tipo	: Aéreo
Número de fases	: 03
Frecuencia	: 60 Hz
Número de circuitos	: 01
Altura de operación	: 1 000 m.s.n.m.
Conductor	: Cobre desnudo
Soportes	: Postes de madera tratada

5.1.2. Alcance del estudio

El presente proyecto corresponde a los cálculos y diseños electromecánicos así como al establecimientos de las especificaciones técnicas de suministro de materiales y montaje y la elaboración de los metrados y presupuestos en base a los planos y detalles de la línea y redes de distribución primaria, que teniendo como punto inicial la Minicentral Hidroeléctrica

recorre la ruta hacia la planta Agroindustrial que permitirá su electrificación mediante la instalación de una sub estación aérea en barbotante.

5.1.3. Descripción del Estudio

Línea y Red Primaria a 10 kV

Número de fases	: 3
Sistema	: Aéreo
Conductor	: Cobre desnudo, de 16 mm ² de sección
Soportes	: Postes de madera tratada nacional de 12 m de longitud (Eucalip-tus)
Aisladores	: Tipo Pin 55-5 en alineamiento : Tipo Campana 52-3 en ángulo y anclaje

Sub Estaciones de Distribución

Tipo	: Aéreo en barbotante, con transformadores trifásicos 10/0,220 kV.
Neutro	: Sólidamente puesto a tierra mediante pozos en cada subestación de distribución
Protección	: Mediante seccionadores Cut Out provisto de fusible chicote tipo Open Link y pararrayos tipo autoválvular en el lado de alta tensión interruptores termomagnéticos en el lado de baja tensión.

5.2. Ingeniería de la red primaria

5.2.1. Cálculos mecánicos

5.2.1.1. Cálculos mecánicos de conductores

Estos cálculos nos permitirán determinar los esfuerzos máximos y mínimos en las hipótesis correspondientes, los primeros para determinar la robustez de las estructuras, y los segundos para hallar la flecha máxima, además de los distanciamientos entre fases.

HIPOTESIS DE CALCULO

Hipotesis I : Esfuerzo maximo

Temperatura : 10°C

Velocidad del viento : 90 km/h

Hipótesis II : Condición de templado

Temperatura : 10°C - 15°C - 30°C

Velocidad del viento : 0

Hipotesis III : Máxima flecha

Temperatura : 50°C

a. Cálculo de esfuerzos

Esfuerzo máximo admisible (de la hipótesis I)

$$S_1 = \frac{Tr}{Cs \times A} \quad (5.1)$$

Donde :

S_1 : Esfuerzo máximo admisible (Kg/mm²)

Tr : Tiro de ruptura del conductor (Kg)

Cs : Coeficiente de seguridad.

A : Sección del conductor. (mm²)

- Peso resultante del conductor (Wr)

$$Wr = \sqrt{W^2 + Pv^2} \quad (Kg/m) \quad (5.2)$$

$$Pv = K V^2 D \quad (Kg/m) \quad (5.3)$$

Donde :

W - Peso propio del conductor (Kg/m)

V - Velocidad del viento (Km/h)

D - Diámetro exterior del conductor (m)

Fv = Peso adicional debido a presión del viento
(Kg/m)

Coeficiente de la superficie cilindrozas
(K=0,0042)

Por consiguiente las características del conductor seleccionado son las que se muestran en el cuadro 5.1

CUADRO 5.1

CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR

Material	: Cobre, temple duro
Tipo	: Desnudo
Sección	: 16 mm ²
Numero de hilos	: 07
Diámetro exterior	: 5,12 x 10 ⁻³ m
Coeficiente de seguridad	: 03
Peso	: 14,55 x 10 Kg/m
Tiro de rotura	: 720 Kg
Esfuerzo de rotura	: 45 Kg/mm ²
Peso unitario resultante	: 22,7 x 10 ⁻² Kg/m
Coeficiente de dilatación	: 1,7x10 ⁻⁶ 1/°C
Módulo de elasticidad	: 12 650 Kg/mm ²
Velocidad del viento	: 90 Km/h

- Esfuerzos en la hipótesis II y III

La tensión de cada día (TCD) de la zona se considera el esfuerzo de templado (S₂), para:

Conductor de 16 mm² es igual al 20% de la carga de rotura del conductor a partir del esfuerzo fijado (S₂) y mediante la ecuación de cambios de estado calculamos :

$$T_{cd} = \left(\frac{T_{\max}}{T_r} \right) \times 100 \quad (\text{Kg/mm}^2) \quad (5.4)$$

- Ecuación de Cambio de Estado

$$S_2^2 \times \left[S_2 + E \alpha (t_2 - t_1) + \frac{E}{24} \left(\frac{W_{r1} \times L}{A \times S_1} \right)^2 - S_1 \right] \\ = \frac{E}{24} \left(\frac{W_{r2} \times L}{A} \right)^2 \quad (5.5)$$

Donde:

S_1, S_2 : Esfuerzo admisible en el estado inicial y final del conductor (Kg/mm²)

t_1, t_2 : Temperatura inicial y final (°C)

W_{r1}, W_{r2} : Peso unitario resultante en la hipótesis inicial y final (Kg/m)

α : Coeficiente de dilatación lineal (1/°C)

E : Módulo de elasticidad del conductor (Kg/mm²)

A : Sección del conductor (mm²)

L : Vano promedio (m)

Ademas:

Peso adicional debido al viento = $17,41 \times 10^{-2}$ Kg/m

Peso adicional debido al hielo = No existe.

(Ver tablas)

5.2.1.2. Cálculo de la flecha Máxima

$$f = \frac{W_r \cdot L^2}{8 \cdot A \cdot S} \quad (\text{m}) \quad (5.6)$$

Donde:

f : Flecha (m)

L : Vano horizontal (m)

W_r : Peso resultante del conductor unitario en las condiciones de cálculo (Kg/m)

S : Esfuerzo del conductor en la hipotesis considerada de cálculo (Kg/mm²)

A : Sección real del conductor (mm²)

(Ver tabla de tensiones y flecha de templado en anexos)

- Distribución de los Apoyos de la Línea Primaria
Distancia de los Conductores al Terreno

$$h_{\min} = 5,3 + \frac{V_n}{150} \quad (\text{m}) \quad (5.7)$$

Reemplazando $V_n = 10$ KV obtenemos:

$$h_{\min} = 5,36 \text{ m}$$

De acuerdo al C.N.E., para tensiones de 1 a 15 KV en áreas no transitables por vehículos la distancia mínima sobre la superficie del terreno es de 4,50 m, (Ver cuadro de valor de flechas).

- Cálculo de vano básico

Calculamos este vano básico para que el tesado de conductores comprendidos entre dos estructuras de anclaje tenga el mismo esfuerzo a lo largo de todo el tendido de la línea

$$\text{Vano básico} = \sqrt{\frac{(L_1)^3 + (L_2)^3 + (L_3)^3 + \dots + (L_n)^3}{L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n}} \quad (5.8)$$

Reemplazando en 4.8 obtenemos

Vano básico = 102,4 m. Se considera

Vano = 100,0 m.

5.2.1.3. Cálculo mecánico de soportes

- Distancia mínima de seguridad entre conductores
Separación mínima en poste y cualquier punto del vano (d). Para tensiones inferiores a 11 kV $d = 0,40$ m

Separación mínima a la mital del vano (D), Para conductores menores de 35 mm².

$$D = 0,0076 Vn + 0,65 \sqrt{(f_{\max} - 0,60)} \quad (5.9)$$

$$D = 0,0076 (10) + 0,65 \sqrt{(6,349 - 0,60)} = 1,63 \text{ m}$$

De acuerdo a los valores hallados, elegimos crucetas de 1,20 m y considerando un factor de seguridad igual a 2 y para soportes de alineamiento y cambio de dirección hasta 45°, tenemos la siguiente disposición:

Para vanos especiales se cumple :

$$H \geq 0,0076 Vn \times Fh + 0,5521 K V f + 0,2164 Lc \quad (5.10)$$

Donde:

Lc: Longitud de cadena de aisladores

H : $\geq 0,77$

Para que la inductancia sea la misma tanto para vanos normales y especiales se debe tener: H = 1,03 m

a. Cálculo de la Longitud del Poste (L)

Para la condición más desfavorable dado por la disposición vertical mostrada:

Separación de empotramiento del poste (L/7 m)

Flecha máxima del vano básico : $f_{\max} = 4,09 \text{ m}$

Luego:

$$L = 4,09 + 4,50 + 1,0 + \frac{L}{7} = 9,59 + \frac{L}{7} = 11,20 \text{ m}$$

Elegimos un poste de 12 m de longitud

b. Cálculo de esfuerzos

De acuerdo a la zona del Proyecto se establecen las siguientes hipótesis:

HIPOTESIS A:

- Tracción de los conductores
- Velocidad del viento : 90 Km/h
- Coeficiente de seguridad : 2,8

HIPOTESIS B:

- Cargas permanentes
- Sin viento
- Sin hielo
- 50 % del tiro máximo en el punto más desfavorable
- Coeficiente de seguridad : 02

c. Calculo de las hipotesis consideradas

Fuerza del viento sobre el poste (Fvp)
y su punto de aplicación (Z)

$$F_{vp} = \left(\frac{d_p + d_e}{2} \right) \times H_{pv} P_v \quad (\text{Kg}) \quad (5.11)$$

Donde

- d_p : Diámetro de la cima del poste = 0,203 m
- d_e : Diámetro a nivel empotramiento de poste = 0,283 m
- H_{pv} : Altura del poste expuesto al viento = 10,2
- Z : Altura de aplicación de la fuerza del viento = 4,80 m
- A_{pv} : Area del poste expuesto al viento m^2
- F_{vp} : Fuerza del viento sobre el poste kg.

Entonces: $F_{vp} = 84,32 \text{ Kg.}$

Tambien : $P_v = K \times V^2 = 34,02 \text{ Kg/m}^2$

Donde:

- P_v : Presión debido al viento Kg/m^2
- K : Constante para superficie cilindrica 0,0042
- V : Velocidad del viento = 90 Kph

- Altura de empotramiento (Ht)

Para nuestro caso sin macizo de concreto

$$H_t = \frac{L}{7} \quad \text{m} \quad (5.12)$$

donde:

L = Longitud del poste (m)

Ht = 1,714 m ,Para nuestro caso tomaremos: Ht=1,80 m

- Diámetro del poste en punto de empotramiento (de)

$$d_e = d_b - \frac{(d_b - d_p)}{(H_{pv} + H_e)} \times H_e \quad \text{m} \quad (5.13)$$

Donde:

d_b = Diámetro del poste en la base (m)

d_p = Diámetro del poste en la punta (m)

H_e = Altura de empotramiento (m)

H_{pv} = altura del poste expuesto al viento (m)

CUADRO 5.2

CARACTERISTICAS DE LOS POSTES DE 12 METROS

GRUPO D CLASE 5-6

Longitud	:12 m
Altura de Empotramiento (Ht)	:1,80 m
Alt. de poste expuesto a viento (Hpv)	:10,2 m
Diámetro poste en la punta (dp)	:0,203 m
Diámetro poste en la base (db)	:0,305 m
Diámetro poste en empotramiento (de)	:0,283 m
Altura equivalente (He)	:9,90 m
Punto de aplicación de la Fvp	:4,80 m
Carga de trabajo	:400 Kg.
Esfuerzo por flexión máxima	:500 Kg/cm ²
Carga de Rotura	:680-860 Kg.
Factor de Seguridad (cs)	:2

- Tracción de los conductores (Tc)

Calculamos para el máximo esfuerzo de trabajo de los conductores.

$$T_c = 2T \times \text{Sen } \alpha/2 \quad (\text{Kg}) \quad (5.14)$$

donde:

T = máximo tiro de trabajo Kg

α = ángulo de la línea (°)

Reemplazando:

$T_c = 107$ Kg.

- Fuerza del viento sobre los conductores (F_{vc})

$$F_{vc} = L' \times \phi_c \times P_v \times \cos \alpha/2 \quad (5.15)$$

Donde:

L' = Vano básico de regulación: 100 m

ϕ_c = Diámetro exterior del conductor: $5,1 \times 10^{-3}$ m

P_v = Presión del viento: 34,02 Kg/m²

Reemplazando:

$$F_{vc} = 16,76 \text{ Kg (0-30°)}$$

- Fuerza sobre los conductores (F_c)

$$F_c = T_c + F_{vc} \quad (\text{Kg}) \quad (5.16)$$

Sobre el conductor superior $F_{c1} = 123,76$ Kg

Sobre los conductores inferiores $F_{c23} = 247,52$ Kg

- Momento total (M)

$$M = M_{vp} + M_c \quad (5.17)$$

Donde:

M_{vp} = Momento debido al viento sobre poste (Kg-m).

M_c = Momento debido al viento sobre los conductores y a la tracción de los conductores (Kg-m).

$$M_c = 10,28 F_{c1} + 9,28 F_{c23} = 3 569,24 \quad (\text{Kg-m})$$

$$M_{vp} = F_{vp} \times Z = 404,75 \quad \text{Kg-m}$$

$$M = 3 973,99 \quad \text{Kg-m}$$

$$F_p = \frac{M}{H_e} = 401,41 \text{ Kg.}$$

Donde :

Fp = Fuerza en la punta (Kg)

He = Altura equivalente (m)

Para postes de madera calculamos el esfuerzo en la línea de tierra por acción y tiro de los conductores (Rv)

Considerando $cs = 2$, seleccionamos : CLASE 5-6 (Tabla 2-VII C.N.E.)

- Por esfuerzos transversales (Rv)

$$Rv = \frac{M}{3,13 \times 10^{-6} \times C^2} \quad (\text{Kg/cm}^2) \quad (5.18)$$

Donde:

M : Momento total sobre poste en el empotramiento. (Kg-m)

C : Longitud de la circunferencia al nivel de tierra. (cm)

$$C = 2 \times \pi \frac{d_0}{2} = 88,90 \text{ cm}$$

Donde : d_0 = Diámetro del poste en la línea de tierra

Reemplazando:

$$Rv = 180,70 \text{ Kg/cm}^2 \quad (0-30^\circ)$$

- Por fuerzas verticales: Rc

$$Rc = \frac{Pt}{S} \left(1 + \frac{k h^2 S}{u \times I} \right) \quad (\text{Kg/cm}^2) \quad (5.19)$$

Reemplazando:

$$Rc = 11,97 \text{ Kg/cm}^2$$

Donde:

Pt : Peso total de cargas verticales = 421 Kg

k : Coeficiente que depende del material para madera

$$k = 2$$

- h : Altura libre del poste = 10,28 m
 S : Sección de empotramiento. = 629,01 cm²
 u : Coeficiente que depende del modo de fijación, un extremo empotrado y el otro libre = 0,25
 I : Momento de inercia = 31 485,86 cm⁴

$$S = \frac{\pi d_w^2}{4} = 629,01 \text{ cm}^2$$

$$I = \frac{\pi D^4}{64} = 31 485,86 \text{ cm}^4$$

$$R_t = R_v + R_c = 192,67 \text{ Kg/cm}^2$$

Donde :

R_t = Esfuerzo total de trabajo (Kg/cm²)

En los postes de madera, el esfuerzo de trabajo estará referido a 30 cm de la punta.

Considerando c_s = 2 Seleccionamos GRUPO 2 (Tabla 2-VI del C.N.E.) (Ver cuadro Momentos y fuerzas)

Denominación de Estructuras

Denominaremos a las estructuras de acuerdo al angulo que hace con la linea:

- De alineamiento de 0° a 5° : AT-1
(Sin retenida)
- Cambio de dirección de 5° a 30° : AT-2
(Sin retenida)
- Cambio de dirección de 30° a 60° : AT-3
(Con retenida)
- Cambio de dirección de 60° a 90° : AT-4
(Con retenida)

5.2.1.4. Cálculo de retenidas

Para compensar los esfuerzos mayores a 400 kg, se usarán retenidas de las siguientes características:

Material	: Acero galvanizado
Número de hilos	: 07
Diámetro	: 3/8 "
Carga de rotura	: 3 159 Kg.
Factor de seguridad (cs)	: 02

5.2.2. Cálculos eléctricos

5.2.2.1. Nivel de tensión y dimensionamiento de conductores

Para la selección del nivel de tensión del sistema de distribución primaria se ha tomado en cuenta las recomendaciones de Electro Sur Este S. A.

Dimensionamiento de conductores

- Cable de baja tensión (del tablero al transformador)

$$P = \sqrt{3} \times V I \cos \phi \quad (5.20)$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \cos \phi} = \frac{120}{\sqrt{3} \times 0,38 \times 0,8} = 227,9 \text{ Amp.}$$

De las tabla obtenemos :

Conductor THW 1x 107,20 mm² que equivale a 4/0 AWG

- Cable de alta tensión (de cabeza terminal interior a cabeza terminal exterior)

De forma similar obtenemos I = 8,66 Amp.

De las tabla obtenemos : Conductor NKY 3x16 mm²

- Conductor para línea de sub transmisión
Para una intensidad de 8,66. Amp. calculada anteriormente y por caída de tensión $AV = 0,832 \%$ (Cuadro No 1 acapite 5.2.2.3.) se cumple que $AV \leq 5 \%$ permitido por el C.N.E. Seleccionamos Conductor desnudo de Cobre, temple duro de 16 mm^2 , 7 hilos.

5.2.2.2. Nivel básico de aislamiento

De acuerdo al C.N.E. T-IV, el nivel de aislamiento para la tensión nominal de 10 kV (tensión máxima de 12 kV) que deben soportar los equipos es de :

- a. Tensión que debe soportar con onda de frente escarpada: $1,2/50 \mu\text{s}$, 60-75 kV (pico)
- b. Tensión que debe soportar a frecuencia industrial corta duración : 28 kV (R.M.S.)
- c. Mínima separación en el aire: 120 mm
Para la localidad de Quillabamba en onda de impulso, consideraremos la intensidad de descargas atmosféricas de 75 kV
- d. Distancia eléctrica a masa
Según el nivel de aislamiento deberá tener un mínimo de 12 cm.
Según el CNE se debe cumplir:

$$L' = 0,1 + \frac{U_n}{150} \quad ; \text{ con un mínimo de } 0,2 \text{ m} \quad (5.21)$$

$$L' = 0,167 \text{ m} \quad \text{Elegimos: } L' = 0,20 \text{ m}$$

- Distancia de Seguridad
Del punto del conductor más bajo a otro conductor de red de baja tensión, se considerará 1,2 m.
Del punto del conductor más bajo a otro conductor de red de alta tensión, se considerará:

$$D = 1,5 + \frac{V}{150} \quad (\text{m}) \quad (5.22)$$

$$D = 1,57 \text{ m}$$

Del punto del conductor más bajo a un poste o accesorio de la red de baja tensión: 120 m.

Del punto del conductor más bajo al suelo: 6 m.

Del punto del conductor más bajo a líneas ferreas y carreteras sin electrificar:

$$D_{\min} = 6,3 + \frac{V}{100} \quad (\text{m}) \quad (5.23)$$

$$D_{\min} = 6,4 \text{ m}$$

La distancia mínima a grupos de arboles será:

$$D_{\min} = 1,5 + \frac{V}{150} = 1,60 \text{ m}$$

Se debe evitar cruces sobre edificaciones, las distancias mínimas en condiciones más desfavorables serán: Para puntos accesibles a personas:

$$d_{\min} = 3,3 + \frac{V \text{ (kV)}}{100} = 3,37 \text{ m}$$

e. Factores de seguridad

Según el CNE los factores de seguridad mínimo serán:

Conductores	: 3
Postes	: 2
Crucetas	: 2
Retenidas	: 2
Aisladores	: 3

f. Cálculo de parámetros eléctricos

- Inductancia (L)

$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \left(\frac{D_m}{r_e} \right) \quad (\text{Henrios/Km}) \quad (5.24)$$

$$L = 12,72 \times 10^{-4} \quad \text{Henrios/Km}$$

$$r_e = \sqrt{(S/\pi)} \times 10^{-3} \quad (\text{m})$$

Donde:

S = Sección del conductor en mm²

r_e = Radio equivalente del conductor m

D_m = Diámetro medio geométrico.

- Reactancia Inductiva (X_l)

$$X_l = 2 \pi f L \quad (\text{ohmios/Km}) \quad (5.25)$$

$$X_l = 0,48 \text{ ohmios/Km} \quad (\text{reactancia trifásica})$$

- Resistencia a la Temperatura de Trabajo (R)

$$R = R_{(20^\circ\text{C})} (1 + \alpha(T_2 - T_1)) \quad (5.26)$$

Donde:

R_(20°C) : Resistencia c.c. a 20°C de conductor de 16mm² = 1,1551 ohm/km.

α : Coeficiente térmico de resistencia a 20°C = 0,00382/°C para el cobre duro

T₁ : Temperatura ambiente 20°C

T₂ : Temperatura de trabajo (50°C)

$$R = 1,2875 \text{ ohm/Km.}$$

- Capacidad (Cn)

$$C_n = \frac{0,0241}{\text{Log} (D_{eq}/r)} \quad (\mu\text{F}/\text{Km}) \quad (5.27)$$

$$C_n = 0,0089 \quad \mu\text{F}/\text{Km}$$

- Reactancia Capacitiva (Xc)

$$X_c = \frac{1}{\omega C_n} = \frac{1}{2 \pi F C_n} \quad (\text{ohmios}/\text{Km}) \quad (5.28)$$

$$X_c = 0,298 \quad \text{ohmios}/\text{Km}$$

- Caída de Tensión (V)

$$V = \frac{\text{KVA} \times L}{10 \times V^2} \times Z = \text{KVA} \times L \times \text{FCT} \quad (5.29)$$

Donde:

KVA	: Potencia aparente total
L	: Longitud del tramo en km.
FCT	: Factor de caída de tensión
V	: Tensión de la línea en kV
Z	: Impedancia de línea (ohmios /Km)

$$Z = R + jx = 1,28 + 0,48 j$$

$$Z = 1,374 \quad | \underline{20,45}$$

- Perdida de Potencia (F)

$$F = R L \left(\frac{\text{kW}}{V \cos \phi} \right)^2 \quad (\text{W}) \quad (5.30)$$

$$F \approx 1,2 \text{ kW}$$

- Diámetro Medio Geométrico (Dm)

$$D_m = (D_{12} \times D_{23} \times D_{31})^{1/3} \quad (m) \quad (5.31)$$

$$D_m = 1,30 \quad m$$

- Radio Equivalente (re)

$$r_e = \sqrt{(S/\pi) \times 10^{-3}} \quad (m) \quad (5.32)$$

donde

S : Sección del conductor en mm²

$$r_e = 2,25 \cdot 10^{-3} \quad m$$

Las características de la línea y red proyectada se muestran en el cuadro 5.3.

CUADRO 5.3
CARACTERISTICAS DE LA LINEA ELECTRICA PROYECTADA

DESCRIPCION	LINEA PRIMARIA
. Sección (mm ²)	16
. Resistencia en c.c.a 20°C (ohm/km)	1,15
. Resistencia a 50°C (ohm/km)	1,28
. Distancia media geo.(m)	1,30
. Radio medio geo. (m)	0,0022
. Inductancia (henrios/Km)	0,0013
. Capacitancia (µF/km)	0,0089
. Impedancia (ohm/km)	1,374
. Tensión de servicio (kV)	10
. Factor de caída de tensión	1,374x10 ⁻³

CUADRO 5.4
CAIDA DE TENSION

TRAMO	KVA	EmxKVA	AV%	AP%	
S.A.B.COCLA	150	4 036	605 400	0,832	1,0

5.2.2.3. Coordinación de Aislamiento

Selección del Aislamiento

De acuerdo al C. para una tensión nominal de 10 kV le corresponde una tensión máxima de 12 kV; los demás valores se muestran en el Cuadro No 2.

Selección de Distancias Mínimas

Entre conductor y cualquier parte de la estructura, según el C.N.E.:

$$D_{min.} = 0,1 + U/150 = 0,1 + 10/150 = 0,166m$$

Entre conductores de acuerdo al C,N.E. debe ser:

$$D_{min} = 0,40 m$$

5.2.2.4. Selección de Aisladores

De acuerdo al C.N.E los aisladores soportarán una tensión bajo lluvia a la frecuencia de servicio de:

$$U_c = 2,1 (U+5) = 31,5 KV$$

Donde:

U - Tensión nominal de servicio (KV)

U_c - Tensión disruntiva bajo lluvia (KV)

Los aisladores serán seleccionados en forma tal, que su tensión disruntiva en seco no sea mayor que el 75% de su tensión de perforación.

De acuerdo al nivel de tensión adoptado, el aislador debera soportar una tensión de 75 KV con onda normalizada 1/50 μ s y 28 KV, en prueba de corta duraci3n segun el C.N.E.

- Longitud de la línea de fuga

$$L = \frac{m \times U}{N \times \sqrt{\delta}} \quad (\text{cm}) \quad (5.33)$$

$$L = 19,71 \text{ cm}$$

Donde:

m = Coeficiente de suciedad (zona agricola forestal sin industrias): 1,8

U = Tensi3n nominal: 10 KV

N = N3mero de aisladores: 1

δ = Densidad relativa del aire: 0,834 (para el Cusco)

- Carga de Rotura (Q)

Aislador Tipo PIN : Lo usaremos para angulos comprendidos entre 0° y 30° de la línea como:

Fuerza en los conductores (Fc)

$$F_c = F_{vc} + T_c \quad (\text{Kg}) \quad (5.34)$$

$$F_c = L' \times P_v \times \phi_c \times \cos \alpha/2 + 2 \times \frac{T}{c.s} \times \sin \alpha/2$$

$$F_c = 123,76 \text{ Kg.}$$

$$Q = c.s \times F_c$$

$$Q = 816,64 \text{ lb.}$$

Por consiguiente seleccionamos aislador ANSI 55-5 que cumple con las condiciones impuestas por las sobre tensiones calculadas

Aislador Tipo Suspensi3n

Lo usaremos para angulos comprendidos entre 30° y 90° de la línea donde :

$$F_c = F_{vc} + T_c$$

$$F_c = 305,01 \text{ Kg.} = 915,03 \text{ lb.}$$

$Q = 2\ 012,64\ \text{lb.}$

De acuerdo a estos cálculos, se emplearán aisladores tipo suspensión, clase ANSI 52-3

5.2.2.5. Cálculos de crucetas

$$L = 2D + 0,1 \quad (\text{m}) \quad (5.35)$$

$$L = 1,50\ \text{m}$$

Donde :

D = Distancia mínima entre conductores

Entonces elegimos crucetas de 1,20 m para disposición triangular de armado AT-1; 1,50 m para armados: AT-2, AT-5, AT-6, AT-7 y AT-8.

5.2.2.6. Cálculo de espigas rectas

Se ha considerado las características del acero A-36 fabricado por Sider Perú.

- Características mecánicas

Esfuerzo de fluencia (Γ_f) : 36 - 25 Kg/mm²

Esfuerzo de Trabajo (Γ_T) : 0,6 - 15 Kg/mm²

La espiga seleccionada tendrá las siguientes dimensiones:

Diámetro de espiga (d) : 31/32 "

Longitud por encima de la cruceta (h) : 13,5 cm

5.2.2.7. Selección de pararrayos

Tensión nominal del sistema : 10 kV

Pararrayos tipo distribución :

- Tensión nominal de trabajo : 12 kV

- Corriente de descarga nominal : 10 kA

Características del pararrayo :

- Tensión de descarga nominal (TD) : 54 KV
- Frente de onda - arco de impulso sin descargador (FOA) : 65 KV
- Nivel de aislamiento básico (NOB) : 80 K cresta

5.2.2.8. Cálculo de la resistencia de puesta a tierra.

Para efectuar el cálculo de la resistencia de puesta a tierra, será necesario contar con las mediciones de la resistividad del terreno para el presente análisis se utilizará electrodos verticales, o jabalinas de cobre de 3/4" \varnothing x 2,4 m, enterrados a una profundidad $h = 0,30$ m y para su determinación utilizamos la siguiente relación:

$$R = 0,366 \frac{\sigma}{L} \times \text{Log} \frac{2 L}{d} \times \frac{4h + 3L}{4h + L} \text{ (ohmio) (5.36)}$$

Donde:

- R : Resistencia de la puesta a tierra
- L : Longitud del electrodo
- d : Diámetro del electrodo
- h : Profundidad enterramiento del electrodo
- σ : Resistividad $\sigma = 15$ ohm-m.

Reemplazando

$$L = 240 \text{ cm.}$$

$$d = 1,905 \text{ cm.}$$

$$h = 30 \text{ cm.}$$

Obtenemos : $R = 8,39$ ohm.

Para diferentes valores de resistividad tenemos:

CUADRO 5.5

Resistividad del terreno (ohm/m)	Resistencia de la puesta a tierra (ohm)
1 000	5,59
1 500	8,39
1 800	10,06
2 500	13,98
4 000	22,37
6 000	33,56
8 000	44,75

De acuerdo a las normas vigentes, la resistencia de puesta a tierra, está permitido hasta los 25 ohm, de los valores obtenidos anteriormente, los dos últimos valores se encuentran fuera del límite especificado, los cuales se podrán corregir mediante contrapesos, hasta lograr valores adecuados.

5.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA LÍNEA Y RED DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA A 10 KV

5.3.1. Especificaciones técnicas de suministro de materiales

5.3.1.1. Condiciones Generales

Alcance

Las presentes condiciones cubren aspectos genéricos a las especificaciones técnicas particulares de los materiales y/o equipos electromecánicos a utilizarse en las redes de distribución primaria A 10 KV a la planta Agro Industrial COCLA.

Se utilizará para la línea de subtransmisión, cobre desnudo de temple duro de 16 mm² de sección, montado sobre aisladores tipo PIN y tipo suspensión, con postes de madera tratada de 12 m de longitud, clase 5 - 6, grupo D.

Las condiciones de servicio de las instalaciones proyectadas son :

Altura sobre el nivel del mar	:	1000 msnm
Temperatura máxima media	:	+ 35°C
Temperatura mínima media	:	+ 5°C
Clima	:	Cálido y húmedo

Características Nominales y de Servicio

Las características generales del sistema proyectado en esta etapa final son :

Potencia a transmitir	:	120 kW
Tensión nominal	:	10 KV
Tipo	:	Aereo

Número de fases : 3
Sistema de puesta a tierra : Neutro conectado só-
lidamente a tierra en
las S.E.
Frecuencia : 60 Hz

Ensayos y Pruebas

El proveedor de cada uno de los materiales y/o equipos suministrados deberá efectuar durante la etapa de fabricación todas las pruebas normales señaladas directa o implícitamente en las Especificaciones Técnicas Particulares.

- Embalaje

En las Especificaciones Técnicas Particulares se indica la forma de embalaje en cada caso. De no mencionarse explícitamente, el embalaje se hará en cajas, jabs u otra protección adecuada, que impida daños o deterioros del material, durante el transporte.

5.3.1.2 Postes de madera

Especificaciones Generales

En la línea primaria y redes de distribución primaria se empleara postes de madera tratada nacional. Dichos postes serán de Eucaliptus Globulus Labil, serán tratatos por el método Bouchierie (desplazamiento de sabia), como sustancia preservante hidrosoluble son aceptados las sales C.C.B. (sulfato de cobre, cromato de potacio y ácido bórico) o las especificadas en las normas ITINTEC 251-020.

Descripción del Material

Los postes a ser adquiridos serán de las siguientes características:

CUADRO 5.6
CARACTERISTICAS DE POSTES DE MADERA SELECCIONADOS

: CLASE	5	6	:
: GRUPO	D	D	:
: LONGITUD (m)	12	12	:
: ALTURA DE EMPOTRAM. (M)	1,8	1,8	:
: DIAMETRO VERTICE (M)	0,238	0,203	:
: DIAMETRO LINEA TIERRA	0,308	0,289	:
: ESFUERZO ROTURA A : 30 CM DE LA PUNTA (Kg)	860	860	:
: MAXIMO ESFUERZO DE : FLEXION ESTATICA (Kg/mm ²)	501-600	501-600	:

5.3.1.3. Crucetas: Armados

Las crucetas serán fabricadas a base de perfil angular cuyas características están detalladas en los planos respectivos de armados de los soportes, tanto de la línea como de la subestación en barbotante.

Armado Tipo AT-1 (0° a 5°)

Es empleado en postes de alineamiento, cuyas características son:

Dimensiones : 2½"x2½"x1/4"

Longitudes : 1,20 m - 1,50 m

Un par de riostras de fierro angular o platina de 2"x2"x1/4"x1,20 m de longitud y accesorios de fijación (ver plano detalle)

Armado Tipo AT-2 (5° a 30°)

Empleados en soportes de cambio de dirección, conformados por: dos crucetas de 3"x3"x1,50 m de longitud, cuatro riostras de 2"x1/4"x1,20 m y accesorios de fijación (ver plano detalle).

Armado Tipo AT-3 (30° a 60°)

Empleados en soportes de cambio de dirección, con armazón de dos aisladores tipo suspensión, por cadena por fase, con sus respectivos elementos de fijación, sujetos al poste por medio de abrazaderas de platina de 2"x1/4" de diámetros de 10" y 12".(ver plano detalle).

Armado Tipo AT-4 (60° a 90°)

Se utilizarán para cambios de dirección, con armados de dos aisladores tipo suspensión por cadena, por fase, y elementos de sujeción adaptados al poste mediante abrazaderas de platina de 3"x1/4" y diámetros de entre 10" y 12" (ver plano detalle).

Armado Tipo AT-5

Empleado en el poste de salida de la casa de máquinas, esta conformado por fierro angular de 3"x3"x1,50 m para cruceta porta aisladores, cruceta de fierro angular de 3"x 3"x1/4"x2,20 m, para soporte de pararrayos y Cut-Out.

Armado Tipo AT-6

Utilizado en soportes de anclaje, con armazón de dos aisladores tipo suspensión por cadena, por fase en un sentido y un aislados tipo FIN por fase en el otro sentido.

Armado Tipo AT-7

Empleado en soporte de anclaje, conformado por dos aisladores tipo suspensión por cadena por fase en ambas direcciones, más un aislador intermedio tipo FIN en el vértice superior; dos crucetas de perfil angular de 3"x3"x1/4"x 1,50 m de longitud, con dos pares de riostras de perfil angular de 2"x2"x1/4"x1,20 m de longitud y demás accesorios de fijación.(ver plano detalle).

Armado Tipo AT-8

Empleado en soporte de alineamiento, con la finalidad de ganar altura, con cruceta de 3"x3"x1/4"x2,2 de longitud con un par de riostras de 3"x3"x1/4"x1,50 m de longitud y demas accesorios de fijación.(ver plano detalle).

Armado de Subestación en Barbotante

Conformado por soporte tipo "H" de madera tratada, con crucetas de perfil angular de 3"x3"x1/4"x1,50 m de longitud y riostras de 3"x3"x1/4"x1,20 m de longitud.

Ademas cuenta con cruceta porta pararrayos y Cut-Out de perfil Angular de 3"x3"x1/4"x2,20 m de longitud. La plataforma de sosten de transformador consta de perfil "U" de 3"x3"x1/4"x2,20 m de longitud, perfil angular de 3"x3"x 1/4"x1,20 m de longitud, aparte de otros accesorios de fijación.(ver plano detalle).

5.3.1.4. Conductores eléctricos

Objetivo

Estas especificaciones cubren el suministro del conductor de cobre, pruebas y entrega.

- Descripción del Material

Los conductores eléctricos para la red aérea serán de cobre electrolítico de 99,99% de pureza, desnudo, temple duro, sección circular, retorcido en capas concéntricas con un nucleo central del mismo material con las siguientes características:

. Sección nominal (mm ²)	: 16
. Número de hilos	: 7
. Diámetro del conductor(mm)	: 5,10
. Peso (kg/m)	: 0,143
. Tiro de rotura (Kg)	: 621
. Resistencia eléctrica a 20 °C en C.C. (ohm/Km)	: 1,86

- . Módulo de elasticidad (kg/mm²) : 12,650
- . Coeficiente de dilata-
ción lineal (1/°C) : 17x10⁻⁶

Conductor de Amarre

Para el amarre de los conductores a los aisladores tipo **pin**, se empleará conductor de cobre desnudo de las siguientes características:

- . Sección : 10 mm²
- . Tipo : Sólido
- . Temple : Blando

Conductor de puesta a tierra

Para la puesta a tierra se empleará conductor de Cobre desnudo de la siguientes características:

- . Sección : 20 mm²
- . Número de hilos : 07
- . Temple : Duro

5.3.1.5. Aisladores y accesorios

Los aisladores asegurarán un adecuado aislamiento para la operación del sistema. El material dieléctrico será de porcelana, éste material deberá ser sano, libre de defectos; y vitrificada de manera que el aislamiento no dependa de la capa vitrificada.

Los aisladores que serán empleados para el tendido de la línea de subtransmisión desde la casa de máquinas hasta las instalaciones de COCLA serán de los tipos siguientes:

Aisladores tipo PIN

Se utilizarán en los armados para postes de alineamiento, anclaje y cambio de dirección (AT-1, AT-2, AT-6, AT-7 y AT-8), tiene las siguientes características:

- Tipo : PIN
- Clase : ANSI 55-5

Material	: Porcelana vitrificada
Tensión de servicio	: 10 kV
Tensión de flameo bajo lluvia	: 45 kV
Tensión de descarga en seco	: 85 kV
Longitud de línea de fuga	: 12"
Longitud de flameo en seco	: 6 1/4"
Resistencia mecánica	: 1 360 kg

La espiga de soporte es de fierro fundido galvanizado en caliente, con cabeza de plomo roscado, de cuerpo recto, con las características siguientes:

Longitud	: 11"
Longitud de la rosca	: 1 3/4 "
Longitud de la espiga	: 5 1/2"
Diámetro de cabeza de Pb	: 3 1/32"

Aisladores tipo Disco o Suspensión

Se emplearán en armados de los tipos AT-3, AT-4, AT-5, AT-6 y AT-7 los cuales serán utilizados en soportes de cambios de dirección y de anclaje, tienen las siguientes características:

Clase	: ANSI 52-3
Material	: Porcelana vitrificada
Tensión de servicio	: 10 kV
Tensión de flameo en seco	: 80 kV
Tensión flameo bajo lluvia	: 50 kV
Longitud línea de fuga	: 282 mm
Resistencia mecánica	: 6 800 kg

La cadena esta conformada por dos aisladores y los accesorios siguientes:

Horquilla bola de Fierro galvanizado.

Adaptador casquillo ojo de fierro galvanizado.

Grapa de anclaje con perno de fijación

Mordaza de doble vía.

Perno ojo de 1/2"x4".

Accesorios para Aisladores de Suspensión

Grapa de Anclaje

Será del tipo universal diseñada de modo de eliminar durante su operación la posibilidad de pérdida de los pernos debido a vibraciones. Serán aptos para alojar el conductor de cobre de 16 mm² y similares.

Adaptador Horquilla-Bola

Será de fierro galvanizado en caliente.

Adaptador Casquillo-Ojo

Será de fierro galvanizado en caliente por inmersión.

Perno-Ojo

Será de fierro galvanizado en caliente de 1/2"øx4" de longitud provisto de tuerca, contratuerca y arandela.

5.3.1.6. Equipo de seccionamiento y protección

Las presentes especificaciones se refieren al suministro de materiales y equipo de seccionamiento y protección de subestaciones de distribución.

- Seccionadores Cortacircuito Fusible

Serán unipolares del tipo seccionador cortacircuito fusible (cut-out). El cuerpo del seccionador cortacircuito fusible será de porcelana vitrificada y vendrá provista de las correspondientes abrazaderas.

Los seccionadores cortacircuitos fusibles, poseerán las siguientes características:

Tensión nominal	: 10 KV
Nivel de aislamiento básico(BIL)	: 95 KV
Tension máxima de servicio	: 12 KV
Intensidad nominal máxima	: 10 A
Capacidad de interrupción simétrica	: 8 000 A
Capacidad de interrupción asimétrica	: 12 000 A
Montaje	: Exterior

Estarán montados en el primer poste de salida de la línea de subtransmisión y en la subestación en barbotante (ver plano de detalles).

Pararrayos

Serán unipolares, del tipo autoválvula LV de conexión directa, para servicio intensivo, en cuerpo de porcelana, para montaje al exterior en angulares de fierro (junto con los Cut-Out). Tendrán las siguientes características:

- . Tensión nominal : 12 KV
- . Condición de neutro : Conectado a tierra
- . Corriente de descarga : 05 A
- . Tensión máxima sobre el frente de honda : 40 kW pico
- . Tensión residual máxima con la corriente nominal de descarga : 36 KV
- . Nivel de aislamiento externo a frecuencia de choque : 95 KV
- . Nivel de aislamiento externo a frecuencia industrial : 45 KV

Fusibles para seccionador tipo Cut-Out

Serán del tipo chicote cut-out open link, adecuados para su instalación en seccionadores tipo cut-out.

Materiales de puesta a tierra

Se utilizan para protección de todas las partes metálicas de los equipos electromecánicos instalados, tanto en baja como en alta tensión. Así mismo sirven de protección de la línea de subtransmisión conectadas a los pararrayos.

Los pozos a tierra deberán contener los siguientes elementos:

- . Conductor de cobre desnudo, cableado, hilos, de 25mm², temple duro.
- . Varilla de copperweld, de 5/8" \varnothing x 2,5 m de longitud.
- . Conector del tipo Anderson o similar, adecuado para conectar cable de cobre desnudo de 25 mm² con varilla de Copperweld de 5/8" \varnothing .

Cabeza terminal

Será de fierro fundido, tripolar, conformado por una botella fundida, tipo CRADI o NBY, apto para cable de energía de 3 x 16 mm² de sección, tipo NKY, de montaje exterior en el poste de salida de la línea de subtransmisión.

Retenidas de anclaje

Estarán conformados por los siguientes elementos:

- . Cable galvanizado de 3/8" \varnothing , cableado, 07 hilos y con una carga de rotura de 7,382 Kg.
- . Abrazadera de fierro, platina de 2"x1/4"x0,20 m tipo D para poste de 8" \varnothing y sujeto al mismo con tuerca y arandela.
- . Guarda cabos de plancha de fierro de 1/16" de espesor para cable de 3/8" \varnothing .
- . Grapas mordaza de doble vía, de fierro galvanizado, con tres pernos de ajuste.
- . Varilla de anclaje de fierro galvanizado de 3/4"x2,50m de longitud, con un perno ojo, arandela, tuerca.
- . Bloque de concreto de 0,60x0,60x0,20 m.

Para el caso de doble retenida las especificaciones anteriores serán similares.

5.3.1.7. Transformadores

Estas especificaciones cubren el diseño, fabricación y prueba de transformadores trifásicos

Características Nominales

Los transformadores de potencia trifásica, en baño de aceite, con enfriamiento natural tendrán las siguientes características .

Potencia nominal	: 160 KVA
Número de fases	: 3
Frecuencia	: 60 Hz
Montaje	: Exterior
Tensión nominal primaria	: 10 000 V
Tensión nominal secundaria	: 400-230 V.
Regulación por TAPS	: +/- 2,5 , +/- 5 %
Grupo de conexión	: Yd 11

Ademas dispondra de los siguientes accesorios:

- . Tanque conservador de aceite
- . Aceite a 60 °C
- . Oreja de suspensión en la tapa del transformador
- . Sietemas de puesta a tierra.

5.3.2. Pruebas finales

Al concluir los trabajos se deberán realizar las pruebas siguientes:

5.3.2.1. Continuidad

Para efectuar esta prueba se procedera a poner en corto circuito las salidas de las sub-estaciones y posteriormente probar en cada uno de los teminales de la línea la continuidad de la red.

5.3.2.2. Aislamiento

Con posterioridad a la prueba de continuidad, se efectuara la del aislamiento en los cables de salida de la sub-estación, observándose que en este caso los niveles de aislamiento sean los especificados en el Código Nacional de Electricidad.

5.3.2.3. Secuencia de fases

El contratista deberá efectuar mediciones para demostrar que la posición relativa de los conductores de cada fase corresponde a lo descrito.

5.3.2. Metrados y presupuestos

De acuerdo a las especificaciones presentadas se ha elaborado los metrados y presupuestos con los cuales se puede cuantificar el monto de inversión para el presente Proyecto. Dichos metrados son presentados al detalle en los anexos respectivos.

CAPITULO VI

EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO

6.1. Indicadores Económicos utilizados

Un requisito indispensable para el calculo de la rentabilidad de inversión consiste en registrar lo más íntegramente posible todos los datos de gastos e ingresos que surgen en relación con las inversiones planeadas en el proyecto del cual tratamos.

En la presente evaluación económica del Proyecto Minicentral Hidroeléctrica de 120 KW, usaremos dos grupos de métodos para el calculo de rentabilidad del Proyecto, que son Estáticos y Dinámicos. La diferencia entre los dos tipos de métodos consiste en que los dinámicos, en contra posición de los estáticos, consideran las diferencias del valor de los pagos según su fecha de vencimiento. En otras palabras en los métodos dinámicos, todos los pagos vinculados a la inversión se actualizan a la fecha de puesta en marcha ($t=0$).

a. Tasa de descuento

En los cálculos económicos a realizarse, tomamos como unidad monetaria el Dólar Americano. Es por eso que se requiere fijar una tasa de interés del Dólar, para actualizar los flujos de egresos e ingresos a un determinado punto en el tiempo o para calcular los intereses asociados al capital promedio fijo durante la vida útil del Proyecto. Para nuestro caso específico fijamos como tasa de interés $i=8\%$, que es la que rige internacionalmente para el Dólar Americano.

b. Vida útil de la planta

Este parámetro es de trascendental importancia para el análisis de la rentabilidad del Proyecto, se debe estimar

la posible vida útil de los sistemas técnicos, construcciones y otras instalaciones de la planta. Mientras que para las plantas convencionales (grupos Diesel) se disponen de valores empíricos bastante fidedignos, en la estimación de la vida útil de la Minicentral Hidroeléctrica no existen muchos datos al respecto.

En nuestro caso específico según recomendaciones de técnicos en la materia tomaremos como vida útil de la planta de 25 años.

c. Gastos de inversión

Un parámetro fundamental para una buena evaluación económica del Proyecto es el volumen de las inversiones necesarias, por lo que se prestará mucha atención en el registro y la cuantificación de todos los componentes de los costos.

d. Valor residual de la planta/valor de liquidación

Para obtener un cálculo exacto de las ventajas que ofrece una inversión siempre es necesario considerar también el valor residual de la planta, después de haberse transcurrido un periodo de vida. Para nuestro caso de la Minicentral hidroeléctrica después de 25 años de funcionamiento asumiremos un valor residual de la planta igual a cero. Para el caso comparativo de generación con grupo Diesel, asumiremos una depreciación uniforme durante el periodo de utilización de la planta y su valor residual lo calcularemos como sigue:

$$\text{Valor residual} = \frac{\text{Gastos de inversión (\$)}}{\text{Vida técnica total(años)}} \times \text{Vida útil residual.}$$

e. Costos de personal

Se tiene que hacer una estimación del personal necesario para el normal funcionamiento de la planta. Asumiremos que serán necesarias 4 personas para la operación y mantenimiento de la planta, con un presupuesto anual estimado en un 3 % de la inversión total.

f. Costos de Mantenimiento y Reparación

Por su naturaleza misma es difícil estimar los gastos inherentes al mantenimiento y reparación de las instalaciones de la planta por ser no previsibles. Para nuestro caso podemos estimarlo como un 3,5 % de los gastos de inversión. La estimación contiene los costos para el recambio de piezas muy importantes tales como el rodete, etc.

g. Costos de recursos energéticos

Para nuestro caso del Proyecto de Minicentral Hidroeléctrica, suponemos que la energía está disponible directa y gratuitamente en la cantidad y calidad requerida una vez instalada. Para el caso comparativo de un grupo Diesel el rendimiento de la máquina, el consumo de combustible por KWH y el total de energía consumida.

h. Egresos corrientes totales

Es la suma de todos los costos explicados anteriormente.

i. Ingresos del Proyecto de inversión

Para nuestro caso obtendremos los siguientes ingresos:

Procedentes del ahorro de energía proveniente de los grupos diesel (gastos ahorrados = ingresos)

Procedentes de la comercialización o uso propio de bienes cuya producción es incrementada.

Mientras que los primeros ingresos mencionados (gastos ahorrados) resultan generalmente fáciles de calcular, puede resultar, por el contrario difícil estimar los posibles ingresos de lo segundo.

j. Retornos brutos

Los retornos corrientes brutos anuales resultan del saldo de la partida de ingresos y la partida de egresos. La denominación "bruto" la utilizamos aquí para indicar que incluyen las depreciaciones.

k. Depreciaciones

Representa las devaluaciones periodicas de los activos fijos del proyecto en mención.

l. Utilidades

Se refiere a la utilidad del periodo, asociado a la de Inflación / Tasa de interes Real inversión total.

m. Tasa general de Inflación / Tasa de interes Real

Para un cálculo teórico se parte del supuesto de que los precios actuales seguirán vigentes en el futuro (En Dolares), es decir, se mantienen constantes, esta hipotesis permite realizar el cálculo de rentabilidad sobre la base de retorno anuales constantes.

Fero para el caso de nuestro donde existe inflación, esta aplicación arroja dudas, lo que se debe preveer es que los intereses de mercado están fijados de modo que no sólo comprenden una retribución por el capital prestado, sino tambien una compensación por la perdida del poder adquisitivo.

Entonces utilizaremos para nuestros cálculos una tasa de interes real (i), es decir la tasa de interes del mercado, una vez reducida la tasa de inflación, suponiendo precios constantes para ingresos y egresos. Calculamos con la formula siguiente:

$$1 - \frac{100 + F}{100 + a} \times 100 = 100 \quad (6.1)$$

Donde:

1 - Tasa de interes real

F - Tasa de interes de Mercado.

a - Tasa de Inflación.

6.2. Cálculo de ingresos y desembolsos

6.2.1. Depreciaciones y calculo de ingresos

Para la evaluación del poder económico financiero del Proyecto no basta simplemente analizar el rendimiento de la Minicentral Hidroeléctrica. Mas que nada es imprescindible de observar el proyecto en su total. En nuestro caso por tratarse de un Proyecto con fines Agro-Industriales será necesario considerar:

Los ingresos que resultan de las ventas de productos agrarios.

Los costos de inversión y reinversión.

Los costos de producción.

6.2.2. Definición y cálculo de desembolsos

Aunque en el capítulo de Ingeniería del Proyecto se presento los costos de inversión fija, es necesario presentar en la evaluación financiera los costos totales de inversión. Los costos totales de inversión se definen como la suma del capital fijo y el capital de explotación neta.

En nuestro caso no se necesita más inversión que los necesarios para la M.C.H., por que maquinarias y construcciones para la producción en si ya existen.

Sin embargo se deberá preveer que muchos de los activos fijos existentes necesiten ser reemplazados en corto plazo a lo cual hay que darle mucha atención.

a. Activos fijos

Como ya se indico, los activos fijos comprenden las inversiones fijas y los costos de capital previos a la producción .comprende lo siguiente:

Inversiones fijas

Gastos de capital previos a la producción

Capital de explotación netos.

b. Costos totales de Inversión

Se calcula a partir de las cifras de los gastos previos a la producción, las inversiones fijas y el capital de explotación neto. Cabe anotar que cuando se desglosan las inversiones iniciales y luego los aumentos subsiguientes, hasta que se alcanza la plena capacidad.

c. Reinversiones

Lo expuesto anteriormente explica de la misma manera para toda posición de reinversión teniendo en cuenta el momento en que se haga necesario, en tiempos de producción habra que tomar en cuenta.

6.2.3. Financiación del proyecto

La asignación de recursos financieros al Proyecto constituye un requisito previo, obvio y basico para hacer realidad el Proyecto. El estudio de viabilidad no seria muy util si no estaria apoyada por justificaciones razonables que la obtengan conclusiones posibles y satisfactorias.

6.2.4. Fuentes de financiación

La Planta general de financiación para los Proyectos en general consiste en satisfacer las necesidades de capital de inversión inicial mediante participación en el capital social y prestamos a largo plazo, en proporsiones adecuadas y satisfactorias las necesidades de capital de explotación mediante préstamos adicionales a corto y mediano plazo de fuentes bancarias nacionales (para nuestro caso Banco Agrario del Perú) .

a. Participación de capital propio

La proporción entre el préstamo bancario y el capital propio la condiciona las características del préstamo en donde el banco solicita donde el usuario debe participar con un porcentaje determinado de aporte propio para el

financiamiento. Cuanto mayor sea la proporción de financiamiento mediante préstamo mayor serán las obligaciones por concepto de interés, por lo tanto se deberán evaluar cuidadosamente las consecuencias de la adopción de la fórmula de financiación que debe ser compatible con los rendimientos económicos generales.

b. Financiación mediante préstamos

Dado que es factible obtener préstamos, el proceso de financiación del Proyecto se inicia con la medida de dicha factibilidad. Para nuestro caso se hará el financiamiento mediante un préstamo a mediano plazo del Banco Agrario del Perú.

6.3. Cálculo de rentabilidad por métodos estáticos

6.3.1. Costos Comparativos

Tiene la finalidad de comparar la planta cuya situación de costos es la más favorable, mediante la comparación del Proyecto Minicentral Hidroeléctrica versus una alternativa que es la utilización de un Grupo Diesel para la generación de energía. Puede ser interpretable de como una aproximación a la comparación de las anualidades de gastos ya que el cálculo de los costos promedio por periodo (año calendario) se realizara con la siguiente fórmula:

$$C_p = CC + \frac{I_o}{T} + \frac{I_o}{2} \times i \quad (6.2)$$

Donde:

- C_p : Costos totales promedios por periodos.
 CC : Costos corrientes por periodo.
 T : Vida total del proyecto en "t" años.
 I_o/T : Monto de depreciación lineal=amortización del capital fijo por periodo.
 i : Tasa de descuento ($i=8\%$)

$(I_o/2)_1$: Interés de cuenta por periodo sobre el capital inmovilizado en promedio y con amortización continua durante la vida total del Proyecto.

Así mismo si la planta no se deprecia en un 100%, existe un valor de liquidación (L) positivo o sea los costos totales por periodo se calcularían por :

$$C_p = CC + \frac{I_o - L}{T} + \left(\frac{I_o - L}{2} + L \right) \times i \quad (6.2A)$$

La expresión " $(I_o-L)/T$ " representa el monto de depreciación lineal por periodo (años). Esta fórmula la utilizamos en el caso del Grupo Diesel que tiene un valor de liquidación positivo. Al realizarse el cálculo comparativo de costos se obtienen los costos promedios de cada alternativa para el periodo de cálculo. La comparación de los costos por periodo indica cual es el sistema que tiene con los costos más favorables y por lo tanto el más ventajoso. Reemplazando los datos de las Tablas 6.11 y 6.12 obtenemos los siguientes resultados que lo presentamos en las tablas 6.1 y 6.2 siguientes.

Partiendo del hecho de que las plantas comparadas son requeridas para la producción en forma idéntica en ambos casos, previa división de los costos del periodo por el trabajo efectuado en éste, la comparación de los costos se realiza en este caso en costos por unidad de producto (KWH).

En virtud a ello la alternativa de Minicentral Hidroeléctrica es más ventajosa que la de Grupo Diesel, en vista que la M.C.H. origina menos costos por periodo en comparación con un grupo Diesel, en consecuencia la M.C.H. resulta ser la alternativa de inversión más ventajosa (ver tabla 6.1).

TABLA 6.2
ANALISIS DE LAS VENTAJAS DE LA SUSTITUCION DEL GRUPO
DIESEL ANTIGUO POR LA M.C.H. NUEVA A BASE DE
AMORTIZACION CONTINUA DE CAPITAL FIJO.

	: PLANTA VIEJA :	: PLANTA NUEVA :
	: GRUPO DIESEL :	: M.C.H. :
:-Gastos de Inversion (Io) \$: 117 748,80 :	: 209 912,30 :
:-Unidades de producto por año (KWH)	: 420 500,00 :	: 420 500,00 :
:-Vida de la planta (años)	: 7,00 :	: 25,00 :
:-Vida util residual de la : planta vieja (años).	: 3,00 :	: 3,00 :
:-Periodo de comparacion.(años)	: 3,00 :	: 3,00 :
:-Valor residual de la plan- : ta vieja al comienzo de : periodo de comparacion.	: 58 874,40 :	: :
:-Valor de liquidacion de la : planta vieja al final del : periodo de comparacion.	: 13 529,34 :	: :
:-Valor de liquidacion de la : M.C.H. al final de su vida.	: :	: 0 :
:-Depreciacion planta vieja (\$pa)	: 15 115,02 :	: :
:-Depreciacion planta nueva (\$pa)	: :	: 8 396,49 :
:-Interes $(I_o - L/2 + L) * i$: (8% sobre el capital immobili- : zado promedio) (\$pa)	: 2 333,83 :	: 8 396,49 :
:-Costos de personal (CC)	: 6 297,40 :	: 6 297,40 :
:-Costos de reparacion y : mantenimiento.(CC)	: 4 121,21 :	: 7 346,90 :
:-Costos de recurso energé- : ticos (CC)	: 40 368,00 :	: :
:-Materiales auxiliares.(CC)	: :	: :
:-Gastos administrativos.(CC)	: 2 099,10 :	: 2 099,10 :
: TOTAL CC=	: 52 885,71 :	: 15 743,40 :
:-Costo total por periodo (Cp)	: 55 219,54 :	: 32 536,38 :
:-Costo por unidad de : producto (\$/KWH)	: 0,13 :	: 0,08 :

*) Se supone que los gastos estimados para el primer año de operacion vales tambien para los años siguientes.

En nuestro caso el grupo Diesel existente está en funcionamiento desde hace años y los datos obtenidos son los mismos del tabla 6.11, y 6.12.

Comparando los costos promedio por año y KWH del grupo Diesel existente con los de la planta nueva M.C.H., muestra una clara ventaja de costos en favor de la M.C.H., a pesar de los menores servicios de capital que implica la planta antigua. A raíz de ello, es conveniente sustituir el grupo Diesel por la M.C.H.

6.3.2. Comparación de Anualidades de Gastos

Consiste en transformar los gastos de inversión durante la vida del proyecto en gastos anuales de magnitud constante aplicando un "Factor de Recuperación" cuyo valor depende de la tasa de descuento y del número de años de explotación. Al igual que en el cálculo comparativo de costos, los costos corrientes anuales (CC) son costos promedios anuales. El valor de liquidación de la planta representa capital inmovilizado durante toda la vida útil. El costo total anual de la planta (ANC), se calcula, entonces por la fórmula siguiente:

$$ANC = CC + (I_0 - L) \times FR(i, T) + L \times i \quad (6.3)$$

La anualidad de los gastos determina primeramente los gastos totales anuales previstos para la inversión que divididos por los KWH año producidos expresa los costos por unidad de trabajo.

Para nuestro caso se tiene los siguientes datos:

CC (para los años de operación 1 a 25)	- \$ 15 743,4
I ₀	- 209 912,30
L (después de 25 años de operación)	- 0
(tasa de descuento)	- 8%
FR (factor de recuperación de tablas financieras)	
FR (8%, 25)	- 0,094

TABLA 6.3
CALCULO DE MENORES COSTOS DE SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD
COMPARANDO LAS ANUALIDADES DE GASTOS

:	:	MINICENTRAL	:	GRUPO	:
:	:	HIDROELECTRICA	:	DIESEL	:
:-Gastos de Inversion (Io) \$:	209 912,30	:	117 748,80	:
:-Vida de la planta (años)	:	25,00	:	7,00	:
:-Valor de liquidacion al final de la vida de la planta.	:	:	:	13 541,11	:
:-Unidades de producto por año. (KWH)	:	420 500,00	:	420 500,00	:
:-Anualidad de los gastos de inversion (i=8%) (\$ p.a.)	:	19 731,76	:	21 091,17	:
:-Costos corriente (\$ p.a.)	:	15 743,40	:	49 199,16	:
:-Interese sobre el valor de liquidacion.	:	0,00	:	1 083,29	:
:-Costo total (\$ p.a.)	:	35 475,16	:	71 373,61	:
:-Costo por unidad de producto (\$/KWH)	:	0,08	:	0,17	:

NOTA: Se supone que los gastos estimados para el primer año valen tambien para los años siguientes.

Los datos fueron sacados de las Tablas

TABLA 6.4
ANALISIS DE LAS VENTAJAS DE LA SUSTITUCION DEL GRUPO
DIESEL EN SERVICIO POR UNA M.C.H. NUEVA A PARTIR
DE COMPARACION DE LAS ANUALIDADES DE GASTOS.

:	:	PLANTA VIEJA	:	PLANTA NUEVA	:
:	:	GRUPO DIESEL	:	M.C.H.	:
:-Gastos de Inversion (Io) \$:	117 748,80	:	209 912,30	:
:-Unidades de producto por año	:	420 500,00	:	420 500,00	:
:-Vida de la planta (años)	:	7,00	:	25,00	:
:-Vida útil residual de la planta vieja (años).	:	3,00	:	:	:
:-Periodo de comparacion.	:	3,00	:	3,00	:
:-Valor residual de la plan- ta vieja al comienzo de periodo de comparacion.	:	58 874,40	:	:	:
:-Valor de liquidacion de la planta vieja al final del periodo de comparacion.	:	13 529,34	:	:	:
:-Valor de liquidacion de la M.C.H. al final de su vida.	:	:	:	0	:
:-Anualidad de los gastos de inversion de la planta vieja	:	6 438,999	:	:	:
:-Anualidad de los gastos de inversion de la planta nueva.	:	:	:	19 731,756	:
:-Costos corrientes	:	52 885,710	:	15 743,400	:
:-Interese sobre el valor de liquidacion (\$ p.a.)	:	1 082,347	:	0,000	:
:-Costo total (\$ p.a.)	:	60 407,056	:	475,156	:
:-Costo por unidad de producto (\$/KWH)	:	0,144	:	0,084	:

NOTA : Se supone que los gastos estimados para el primer año de operacion valen tambien para los años siguientes.
Los datos empleados fueron tomados de las tablas

Resulta:

$$ANC = 15\ 743,4 + (209\ 912,30 - 0) \times 0,094 + 0 \times 0,08$$

$$ANC = 35\ 475,16$$

En razón de que el método de comparación de anualidades considera los intereses compuestos, ofrece valores más exactos que el simple cálculo comparativo de costos expuestos anteriormente. Este método exige por su parte el uso de tablas para obtener el factor de recuperación.

En las tablas 6.3 y 6.4 presentamos los resultados obtenidos para dos casos la primera Minicentral Hidroeléctrica versus grupo Diesel, y la segunda planta antigua Diesel versus planta nueva M.C.H. (ver tabla 6.3).

Este método conduce a resultados similares que el cálculo comparativo de costos, por lo que respecta al problema de solución. Pero los valores estimados para los costos atribuibles al capital son más elevados que el cálculo comparativo de costos. (ver tabla 6.4).

Incluso al aplicar el método comparativo de anualidades de gastos resulta ser muy ventajoso que el grupo Diesel (existente), sea reemplazado por una M.C.H..

6.3.3. Cálculo de Rentabilidad

En el cálculo estático de rentabilidad, se pone en relación la utilidad promedio obtenida por periodo de un proyecto de inversión con el capital inmovilizado promedio. Esta dado por:

$$RE = \frac{U}{K_D} \times 100 \text{ (\% por año)} \quad (6.4)$$

Donde:

RE = Índice de rentabilidad (% por periodo)

U = Utilidad promedio por periodo

K_D = Capital inmovilizado promedio por periodo.

Para este método se cumple el criterio de la ventaja absoluta cuando el índice de rentabilidad obtenido es igual o mayor que la rentabilidad mínima exigida.

El cálculo del capital promedio inmovilizado (K_D) se puede realizar aproximadamente por la sgte. fórmula:

$$K_D = \frac{1}{2} \times (I_0 - L) + L \quad (6.5)$$

donde:

I₀ = Gastos de inversión

L = Valor de liquidación al final de la vida útil.

Para nuestro caso se tiene:

I₀ = 209 912,8

L = 0

K_D = I₀/2 = 104 956,4

U = (retorno bruto menos depreciación)
= 123 035

Luego: RE = 117% (por año)

El RE mínimo exigido para comparación debe ser claramente superior a la tasa de descuento (i), que refleja la tasa de interés efectivamente aplicable al proyecto.

Para nuestro caso hacemos una comparación entre M.C.H. con grupo Diesel, obtenemos el sgte. tabla sinóptico. (ver tabla 6.5). Como puede apreciarse la alternativa grupo Diesel presenta con un 142% un índice de rentabilidad más alto que el caso de la M.C.H. con 117%. Sin embargo sería un error elegir la alternativa grupo Diesel a pesar de su mayor

rentabilidad, porque es poco probable que el monto resultante de la diferencia entre los gastos de inversión de ambos proyectos pueda ser invertido con esta misma rentabilidad.

La M.C.H. en efecto obtiene un rédito alto por razón de que el capital es mayor y la inversión diferencial alcanza una rentabilidad de 75% que es superior al interés mínimo exigido de 11%, de modo que la M.C.H. constituye en este caso la alternativa de inversión más favorable.

La condición de rentabilidad $RE = 125\% > RE_{min} = 11\%$ es cumplida plenamente por la M.C.H., siendo esta la inversión que requiere un mayor empleo de capital.

6.3.4. Cálculo de Periodo Estático de Amortización

Su objetivo es determinar el momento en que el capital utilizado para la inversión habrá sido recuperado por medio de los retornos anuales. El periodo comprendido entre este momento y el comienzo de la inversión. El punto de amortización o el fin del periodo de amortización se alcanzará cuando la suma de los gastos y entradas con la inversión alcanza por primera vez el valor cero.

Para nuestro caso calcularemos por el método acumulativo que consiste en sumar acumulativamente los gastos de capital y los retornos brutos anuales hasta que la suma arroje el saldo cero o positivo. El periodo de amortización corresponde al mínimo de años considerado en la suma.

Según este método obtenemos los sgtes. resultados en la tabla 6.6 que a continuación presentamos.

Comparando este método con la alternativa de grupo Diesel el proyecto es más ventajoso si se amortiza dentro del periodo de vida útil o de un periodo máximo exigido para la amortización, más corto que la vida útil técnicamente posible. El

TABLA 6.6
 PERIODO ESTADICO DE AMORTIZACION DE LA M.C.H
 POR EL METODO ACUMULATIVO

	: PAGOS ANUALES :	: ACUMULADO :
:-Gastos de inversion (\$)	: (209 912,80):	: (209 912,80):
:-Retornos (\$ p.a.)	: .. :	: .. :
:-Primer año	: 52 517,59 :	: (157 395,21):
:-Segundo año	: 52 517,59 :	: (104 877,62):
:-Tercer año	: 52 517,59 :	: (52 360,04):
:-Cuarto año	: 52 517,59 :	: 157,55 :
: HASTA AÑO 25	: 52 517,59 :	: :

NOTA : El capital invertido se recupera en su totalidad al terminar el cuarto año de operacion. El periodo de amortizacion es, por lo tanto, de solo cuatro años , aproximadamente.

TABLA 6.7
 COMPARACION DE UNA M.C.H. CON UN GRUPO DIESEL
 A BASE DE LOS PERIODOS ESTATICOS DE AMORTIZACION

	: MINICENTRAL :HIDROELECTRICA:	: GRUPO DIESEL :
: -Gastos de inversion (\$)	: 209 912,80 :	: 117 748,80 :
: -Duracion (anos)	: 25,00 :	: 7,00 :
: -Retorno bruto promedio : (\$ p a)	: 52 478,20 :	: 47 099,52 :
: Periodo de amortizacion :(años)	: 4,00 :	: 2,50 :

NOTA : El capital invertido se recupera en su totalidad al terminar el cuarto año de operacion. El periodo de amortizacion es, por lo tanto, de solo cuatro años , aproximadamente.

Ambos proyectos tienen un periodo de amortizacion menor que la duracion de vida tecnica. Como ya se explico, el hecho de que el grupo diesel presente un periodo de amortizacion mas breve no significa concluir que este proyecto sea mas rentable, sino que simplemente muestra que bajo esta hipotesis el capital invertido puede ser recuperado mas pronto.

cálculo de amortización debe ser interpretado como un cálculo de riesgo. La duración del periodo de amortización no permite sacar conclusiones sobre la rentabilidad del proyecto, sino que en lo mejor de los casos destaca el riesgo económicamente inherente a una inversión con vistas al factor de insertidumbre que implica el desarrollo futuro. (ver tabla 6.7).

En la tabla 6.7 , como se puede observar ambos proyectos tienen un periodo de amortización evidentemente menor que la duración de la vida técnica. Como se indico, el hecho de que el grupo Diesel presente un periodo de amortización más breve no permite sacar la conclusión de que este proyecto sea más rentable que la inversión de la alternativa de M.C.H., sino que muestra simplemente que bajo las hipótesis admitida, el capital invertido puede ser recuperado más pronto.

6.4. Cálculo de rentabilidad por metodos dinámicos

6.4.1. Valor Actual de Capital (VAN)

A diferencia de los metodos estáticos en este caso se tiene en cuenta el hecho de que toda entrada o gasto por un monto determinado puede representar en el momento presente un valor muy diferente en función de cuando se efectua el pago.

El valor neto actual (V_0) de una inversión en la fecha $t=0$ resulta de la suma de los valores actuales a dicha fecha de todas las entradas y salidas vinculadas con la inversión del proyecto.

Para simplificar el cálculo podemos extraer el saldo de los egresos o ingresos corrientes generalmente como retornos anuales. Así el VAN puede ser calculado tambien como resultados de la suma de los valores actuales de los retornos más el valor actual de liquidación menos el valor actual de los gastos de inversión.

$$V_0 = (R_0 - I_0) \times q^0 + \dots + (R_t - I_t) \times q^{-t} + L_T \times q^{-T} \quad (6.6)$$

$$= \sum_{t=0}^T (R_t - I_t) \times q^{-t} + L_T \times q^{-T}$$

$$= \sum_{t=0}^T N_t \times q^{-t}$$

Donde :

Σ : Sumatoria desde $t=0$ hasta T

V_0 : Valor actual de la inversión en el momento $t=0$

R_0 : Retorno en el año de la puesta en marcha.

R_t : Retorno en la fecha t .

I_0 : Gastos de inversión en el momento $t = 0$

I_t : Gastos de inversión en la fecha t .

q^{-t} : Factor de descuento ($q=1 + i/100$)

i = tasa de descuento

t = fecha de pago.

L_T : Valor de liquidación (o valor residual) al final de la vida útil.

N_t : Pago neto en la fecha t

Si los gastos de inversión se pagan en su totalidad en $t=0$ y se obtienen retornos en los años $t=1\dots T$ la fórmula se simplificará como sigue:

$$V_0 = -I_0 + \sum_{t=1}^T R_t \times q^{-t} + L_T \times q^{-T} \quad (6.6A)$$

Con la cual obtenemos el cálculo del VAN para el caso de la Minicentral Hidroeléctrica, presentamos la tabla 6.8 .

En vista que para nuestro caso los retornos anuales son constantes, se puede determinar el VAN de manera más simple con ayuda del factor de actualización (FA).

$$V_0 = -I_0 + R \times FA + L_T \times q^{-T}$$

Donde :

$$I_0 = \$ 209\ 912,8$$

$$R = \$ 131\ 431,5$$

$$L_T = 0$$

$$FA (t=25, i=8\%) = 10,67$$

$$V_0 = -209\ 912,8 + 131\ 431,5 * 10,67 + 0$$

$$\underline{V_0 = \$ 1\ 192\ 462,3}$$

Podemos hacer una comparación entre Minicentral Hidroeléctrica con la alternativa de grupo Diesel que lo presentamos en la tabla 6.9.

Al aplicar el método del VAN, la inversión es considerada ventajosa sólo si su valor actual es por los menos igual a cero. Un valor actual negativo indica que no se obtendrá un rédito mínimo deseado para el capital invertido. Un valor actual mayor que cero que es nuestro caso, significa que el interés obtenido es superior a la tasa de descuento, por lo que la inversión será tanto más ventajosa, cuanto más alto resulte el valor actual.

En la tabla 6.9, ambos proyectos tienen un valor actual positivo, por lo que ambos satisfacen el criterio de ventaja absoluta. Sin embargo, como el VAN del caso de Minicentral Hidroeléctrica es mucho mayor que el proyecto competitivo, el primero ofrece también una ventaja relativa y debería por lo tanto ser realizado.

6.4.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Puede ser considerado como una forma especial del método valor actual, expuesto anteriormente. Mientras que el método del valor actual se parte de un interés mínimo exigido (tasa de descuento) y se actualiza el valor de todos los pagos del proyecto por medio de dichas tasas, en método de TIR hay que determinar la tasa de descuento que produce un valor actual

de cero. En este sentido el TIR de una inversión expresa el inters obtenible por el capital que dicha inversión inmoviliza.

De la formula de valor actual cuando $V=0$, obtenemos:

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^T R_t \times \left(1 + \frac{\text{TIR}}{100}\right)^{-t} + L_T \times \left(1 + \frac{\text{TIR}}{100}\right)^{-T} \quad (6.7)$$

La inversión sera ventajosa, cuando el TIR es igual o mayor que la tasa de descuento "i", es decir, cuando se asegura por lo menos el inters minimo exigido. La condición de ventaja absoluta resulta pues: $\text{TIR} \geq i$.

El TIR se puede calcular aproximadamente por la siguiente formula:

$$\text{TIR} = i_1 - \text{Vo}_1 \times \frac{i_2 - i_1}{\text{Vo}_2 - \text{Vo}_1} \% \quad (6.8)$$

Mediante el método del VAN se calcula previa elección de tasas de descuento apropiados dos valores actuales Vo_1 y Vo_2 de los cuales, uno debe ser negativo. Interpolando o extrapolarlo grafica o numericamente se obtiene el TIR. Una inversión se considera absolutamente ventajosa cuando TIR es igual o mayor que la tasa de descuento (i), es decir cuando se asegura por lo menos el interes minimo exigido. Condición de ventaja absoluta es, pues: $\text{TIR} \geq i$

Calculando para nuestro caso de la Minicentral Hidroeléctrica se obtiene lo siguiente:

I_0 (gastos de inversión)	= \$ 209 912,8
T (en t años)	= 25 años
R_t (retornos)	= \$ 131 431,5
Valor de liquidación (L_T)	= \$ 0

Luego :

$$V_0 = - I_0 + \sum_{t=1}^T R_t \times q^{-t} + L_T \times q^{-T}$$

$$V_{01} = 377,6 \quad \text{para } i_1 = 16 \%$$

$$V_{02} = -25\,908,0 \quad \text{para } i_2 = 28 \%$$

$$TIR = 16 - 377,6 \frac{28 - 16}{-25\,908 - 377,6} = 16,17 \%$$

Por lo tanto: Entonces $TIR > i$

Por lo tanto la inversión es ventajosa.

6.5. Costo de producción de la Minicentral Hidroeléctrica

El costo de producción de energía esta dado por :

$$\text{Costo de kWh} = \frac{\text{Costo por año}}{\text{Energía vendible}} \quad (\$) \quad (6.9)$$

a. Costo por año

Intervienen los siguientes parametros:

1. Interes para prestamos (8 %)
2. Vida util de la M.C.H. (25 años)
3. Costo de reparaciones : se estima en 1,5 % del costo total de inversión.
4. Costo para seguros : se estima en 0,3 %
5. Sueldos y salarios : aproximadamente en 1980 \$/año
6. Otros gastos : se estima en 0,6 %
7. Costo anual = (1)+(2)+(3)+(4)+(6)+Sueldos
Costo anual = 12,9 % + Sueldos.

b. Energía vendible

Ya que la energía será usada en su mayor parte en agroindustria donde las maquinas trabajarán basicamente

en el día más que en la noche, podemos estimar las horas de funcionamiento por año en 3 600 horas aproximadamente.

Reemplazando para nuestro caso con una inversión total (incluida línea de sub transmisión primaria a 10 KV) en $I_o = \text{US } \$ 209 913,00$, obtenemos:

$$\begin{aligned} \text{Costo anual por kWh} &= (0,129 \times 209 913) + 1980 \\ &= \text{US } \$ 29 058,77 \end{aligned}$$

$$\text{Energía vendible} = 3 000 \times 120 = 360 000 \text{ kWh}$$

Luego:

$$\begin{aligned} \text{Costo por kWh} &= \frac{29 058,77}{360 000} = 0,08 \text{ \$/kWh} \end{aligned}$$

Este cálculo es para el primer año de funcionamiento, se supone que en los demás años el costo debe ir bajando paulatinamente.

c. Costo por kW instalado

Ya que se estima una inversión total de $I_o = \$ 209 913$ y se ha calculado la potencia en bornes de generador en $P = 120 \text{ kW}$ con lo que obtenemos:

$$\begin{aligned} \text{Costo de instalación} &= \frac{209 913}{120} = 1 749 \text{ \$/kW} \end{aligned}$$

Resulta menor a los rangos obtenidos normalmente por Electro Perú que se estiman en alrededor de los 2000 a 2500 \\$/kW instalados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se ha comprobado que en el Perú, que la utilización de los recursos hidráulicos en pequeña escala es una adecuada respuesta a las necesidades **energéticas** del desarrollo socioeconómico en las comunidades rurales de manera tal de poder incorporar al desarrollo Nacional las poblaciones marginadas.

Cabe concluir:

Fese a la conveniencia evidente de la explotación, del potencial hidroenergético en base a pequeñas centrales hidroeléctricas y a las desordenadas iniciativas que en tal sentido se han desarrollado hasta el momento, no existe todavía un consenso general sobre la bondad de esta conveniencia.

Una de las razones fundamentales para el escaso desarrollo de la microcentrales, es la falta de difusión y equipamiento hidromecánico de fabricación nacional.

En general se recomienda:

Evaluación del potencial nacional para aprovechamiento de magnitud menor, de manera tal de poder disponer de un diagnóstico de situación y poder tender luego, la implementaciónb masiva de microcentrales hidroeléctricas.

Promover la investigación y el desarrollo tecnológico, entendiend que constituyen una de las herramientas fundamentales para promover y sustentar los programas de construcción de microcentrales hidroeléctricas.

Impulsar construcción de equipos de generación hidráulica, utilizando el potencial técnico e industrial regional y nacional.

En los aspectos económicos podemos concluir:

Los gastos e ingresos asociados a un determinado sistema técnico de explotación de energía ya sea la renovable como el caso que tratamos en el presente Proyecto de Minicentral hidroeléctrica o otro caso de energía convencional de otras alternativas, solo pueden ser determinados con suficiente exactitud cuando se conocen los factores determinantes para cada caso concreto, los cuales pueden variar considerablemente de un lugar a otro.

Lo que se plantea aquí es: "De que sirve haber encontrado con una Minicentral Hidroeléctrica, la mejor solución económica para el suministro de energía si dentro del Proyecto en su total tiene un rendimiento pobre y deficiente, poniendo en peligro el financiamiento de la M.C.H. y eventualmente de la reinversión de maquinarias de producción"

Por otro lado, después de haber analizado la bancabilidad del Proyecto es también importante analizar el rendimiento económico de la M.C.H. en comparación a otros medios de suministro de energía (Grupo Diesel, red de Electro Perú). El cálculo de ingresos es básico para demostrar el poder de reebolsar el préstamo y producir en forma rentable por parte de COCLA con la ayuda de la M.C.H.

BIBLIOGRAFIA

1. T. Boumeister, E. Avallone, "Manual del Ingeniero Mecánico", 2da edición, Mc Graw Hill, 1982
2. G. Zoopetti, "Centrales Hidroeléctricas", 9na edición, G. Gilisa, Barcelona 1979
3. T. Croft, C.C. Carr, "Manual del Montador Electricista", 9na edición, Reverete S.A., Barcelona 1984.
4. Luis M. Checa, "Lineas de Transporte de Energía" Marcombo Boixareu Editorial, Barcelona, España, 1973
5. American Institute of Steel Construction Ing., "Manual of Steel Construction", AISC, 1973.
6. C. Ffleiderer, "Bombas Centrifugas y Turbocompresores", Labor S.A., Barcelona, 1960.
7. W. Ortiz R., "Proyecto de Electrificación Subterránea y Aérea", 1982
8. CEAC, "Enciclopedia CEAC de Electricidad", Ediciones CEAC S.A., España, 1982.
9. Charles T. Littleton, "Tubería Industrial", Argentina, 1958.
10. Jean Barry, "Esquemas de Electricidad", Editorial Reverete, 1985.
11. Flender/Blauri- Triebe, "Manual de fajas V y poleas", catalogos varios, 1986.
12. TRANSTECHNO 86, "Desarrollo de Minicentrales Hidroeléctricas", Lima, 1986.
13. Allen R. Inversin, "Micro-Hidropower Source B'ook", USA, 1985.
14. D. Chavez, "Selección, Prueba e Instalación de cables para distribución de energía eléctrica", Lima, 1987.
15. Nazaki Tsugue, "Guía para la elaboración de Proyectos de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas destinadas a la electrificación rural del Perú", JICA, Lima, 1980.
16. Coz F.A.F. "Turbinas Flujo Transversal", IV Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica (IV CONIMERA), Lima, Perú, 1975.

17. ONUDI/OLADE, "Turbinas Hidráulicas", 1985.
18. BOEHLER, " Manual de Aceros", Lima, Peru, 1986.
19. Shiro Orita, " Planeamiento de una Central Hidráulica pequeña".
20. NRECA, " Directory of Manufactures of Small Hidropower Equipmet", 1985.
21. Jose Roldan, " Manual de Medidas Eléctricas".
22. GTZ , "Manual para la Planificación y Dimensionamiento de una Minicentral Hidroeléctrica", Alemania, 1986.
23. Horst Finck, G Oelert, " Guia para el Calculo de Rentabilidad de Proyectos de Inversión para el abastecimiento de energía", Eschborn, RFA, 1985.
24. Juan J. Hory, " Diseño de Elementos de Máquina" Lima, 1980.