

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO PROFESIONAL

“MICROCENTRAL HIDROELÉCTRICA CHAUPILOMA - CHAUPIRUME”
DISTRITO DE TUMBADÉN, PROVINCIA DE SAN PABLO
DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR LA BACHILLER:
KATHERINE ELIZABETH CARRANZA ALCALDE

ASESORES:
Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ
Ing. GILBERTO CRUZADO VÁSQUEZ

Cajamarca - Perú
2013

*A mis queridos padres Violeta y Luis
A mi amado esposo Pau
Con profundo amor por su
apoyo incondicional y
por ser la motivación de mi vida.*

AGRADECIMIENTO

A finalizar un trabajo arduo y lleno de dificultades como es el desarrollo de mi proyecto profesional, es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para, expresa mi agradecimiento a los ingenieros Luis Vásquez Ramírez y Gilberto Cruzado Vásquez por su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de este proyecto profesional, sino también en mi formación como profesional

Mi cordial agradecimiento a los ingenieros Gaspar Méndez Cruz, Luis León Chávez y Raúl Valera Guerra, por su desinteresada colaboración en la elaboración de este trabajo, acción que refleja su dedicación y cariño por los alumnos de esta universidad.

Les agradezco también el haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de este proyecto.

A todos mis familiares y amigos por haber sido pacientes , y haber soportado las implicaciones que significa hacer un trabajo de esta naturaleza.

INDICE

AGRADECIMIENTO.....	III
INDICE	IV
RESUMEN	IX
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 OBJETIVOS	10
1.1.1 OBJETIVO GENERAL.....	10
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
1.2 ANTECEDENTES	10
1.3 ALCANCES	11
1.4 CARACTERÍSTICAS LOCALES	11
1.4.1 UBICACIÓN	11
1.4.2 VÍAS DE ACCESO	11
1.4.3 CLIMA	12
1.4.4 PENDIENTE	13
1.4.5 SUELOS.....	14
1.4.6 RECURSO HÍDRICO	14
1.5 ESTUDIO SOCIO ECONÓMICO	15
1.5.1 POBLACIÓN	15
1.5.2 VIVIENDA.....	15
1.5.3 EDUCACIÓN.....	16
1.5.4 SALUD	16
1.5.5 ACTIVIDADES ECONOMICAS	16

1.5.6 PROBLEMÁTICA ENERGÉTICA	18
1.6 JUSTIFICACION	19
CAPITULO 2. REVISION DE LITERATURA	20
2.1 MICROCENTRAL HIDROELÉCTRICA	20
2.2 CLASIFICACION DE LAS MICROCENTRALES POR LA POTENCIA.	20
2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA	20
2.2.2 DEMANDA DE ENERGÍA	23
2.3 PARTES DE UNA MICROCENTRAL HIDROELÉCTRICA	24
2.3.1 BOCATOMA.....	25
2.3.2 CANAL DE DERIVACIÓN	35
2.3.3 DESARENADOR.....	39
2.3.4 CÁMARA DE CARGA	42
2.3.5 TUBERÍA DE FUERZA Ó DE PRESIÓN.....	44
2.3.6 CASA DE MÁQUINAS Ó DE FUERZA.....	57
2.3.7 EQUIPAMIENTO HIDRÁULICO:.....	57
2.4 ESTUDIO HIDROLÓGICO	59
2.4.1 HIDROLOGÍA.....	59
2.4.2 CUENCA HIDROGRÁFICA.....	59
2.4.3 CAUDALES MINIMOS	61
2.4.4 TÉCNICAS DE CÁLCULO INDIRECTOTO DE DESCARGAS MAXIMAS	65
2.5 SUELOS	72
2.5.1 ANÁLISIS DE MECÁNICA DE SUELOS	73

2.5.2 RELACIONES VOLUMETRICAS Y GRAVIMETRICAS	76
2.5.3. CONSISTENCIA DEL SUELO.....	77
2.5.4 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS	79
2.6 IMPACTO AMBIENTAL	81
2.6.1 IDENTIFICACIÓN DE ALTERACIONES E INDICADORES DE IMPACTO	81
2.6.2 EVALUACIÓN DE IMPACTOS.....	84
2.6.3 MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS.....	86
CAPITULO 3: MATERIALES Y RECURSOS HUMANOS	87
3.1 RECURSOS HUMANOS	87
3.2 MATERIALES Y HERRAMIENTAS.....	87
3.3 MATERIAL DE CAMPO	87
3.4 EQUIPOS Y SERVICIOS	88
CAPITULO 4: METODOLOGIA Y PROCEDIMIENTO	89
4.1 METODOLOGIA	89
4.1.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	89
4.2 PROCESAMIENTO DE DATOS	90
4.2.1 TOPOGRÁFICOS.....	90
4.2.2 MECÁNICA DE SUELOS	90
4.3 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA	105
4.3.1 POBLACIÓN	105
4.3.2 CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA.....	107
4.4 HIDROLOGÍA	108
4.4.1 CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS	109

4.4.2 CALCULO DE CAUDALES MÍNIMOS.....	113
4.4.3 CALCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO	115
4.5 OBRAS CIVILES _____	116
4.5.1 DISEÑO DEL CANAL DE CONDUCCIÓN	116
4.5.2 DISEÑO HIDRAULICO DE LA BOCATOMA.....	118
4.5.3 DISEÑO DEL DESARENADOR.....	134
4.5.4 DISEÑO DE CÁMARA DE CARGA.....	135
4.5.5 TUBERÍA DE PRESIÓN.....	136
4.5.6 ANCLAJES Y APOYOS	145
4.5.7 CASA DE FUERZA	148
4.6 EQUIPO ELECTROMECHANICO _____	149
4.6.1 TURBINA.....	149
4.6.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN.....	151
4.6.3 GENERADOR ELÉCTRICO	151
4.6.4 REGULADOR Y TABLERO.....	152
4.7. REDES ELECTRICAS _____	153
4.7.1 LÍNEA Y REDES DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA.....	153
4.7.2 SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCION	154
4.7.3 REDES DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA,	160
4.7.4 CONEXIONES DOMICILIARIAS Y ALUMBRADO PÚBLICO	161
4.8 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL _____	163
4.8.1 IDENTIFICACION DE IMPACTOS.....	163
4.8.2 EVALUACION DE IMPACTOS (EIA):.....	166

4.8.3 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	176
CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	177
5.1 CONCLUSIONES	177
5.2 RECOMENDACIONES DEL PROYECTO	177
CAPITULO 6: BIBLIOGRAFÍA.....	179
ANEXO 1:.....	181
1) METRADOS GENERALES	182
2) COSTOS UNITARIOS.....	197
3) PRESUPUESTO GENERAL	209
ANEXO 2: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS CIVILES	214
ANEXO 3: CRONOGRAMA.....	231
ANEXO 4: ENCUESTA SOCIECONÓMICA.....	233
ANEXO 5: PANEL FOTOGRÁFICO	237

RESUMEN

Se ha diseñado una Microcentral Hidroeléctrica de 31.68 kW de potencia para abastecer de energía eléctrica a la población de Chaupiloma y Chaupirume, considerando un total de 83 familias beneficiadas, con una vida útil de 30 años, aprovechando la energía hidráulica de un salto de agua de 75.35 m y un caudal de 85 l/s proveniente del río Choro.

La Microcentral Hidroeléctrica está conformada por; las obras civiles como, la bocatoma, el canal de derivación, el desarenador, la cámara de carga, la tubería de presión, la casa de máquinas.

Y por el equipamiento electromecánico como; rejas, compuertas, válvulas, la turbina Pelton, el generador, el transformador y elementos de control.

Los cuales han sido diseñados para satisfacer las necesidades energéticas de la población de las comunidades de Chaupiloma y Chaupirume, asegurando el correcto funcionamiento del sistema y sus sostenibilidad en el tiempo.

Para ello, se ha realizado un estudio en profundidad tanto hidrológico, como de las características de los suelos, la topografía de la zona, las características socioeconómicas de la población y el posible impacto ambiental que un sistema de estas características podría tener, asegurando un correcto diseño que se adapte a las condiciones locales.

La construcción de la Microcentral hidroeléctrica se realizara durante un periodo de cinco meses, con un costo de doscientos cincuenta y un mil quinientos ocho nuevos soles con noventa y tres céntimos (251,508.93).

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

En el presente documento se describe la metodología y procedimiento que se siguieron para realizar el diseño de los elementos estructurales de la Microcentral Hidroeléctrica de Chaupiloma-Chaupirume. Así como el estudio de los recursos con los que se cuenta.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar el proyecto: Microcentral Hidroeléctrica Chaupirume-Chaupiloma, Distrito de Tumbadén, Provincia de San Pablo Departamento de Cajamarca

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diseñar las estructuras que conformarán la Microcentral Hidroeléctrica de Chaupiloma y Chaupirume

Hacer el estudio de la oferta de agua de la cuenca

Hacer la ingeniería de costos del proyecto.

1.2 ANTECEDENTES

A través de las coordinaciones hechas entre los pobladores de las comunidades de Chaupirume y Chaupiloma, con el programa de ENISER de la ONG Pactical Action se acordó realizar una visita de evaluación de los recursos existentes en dicha comunidad. Se realizó una visita donde se verificó la existencia de una fuente de agua proveniente del río Choro.

Previa a la visita se llegó a firmar un convenio entre el municipio distrital de Tumbadén y la ONG Pactical Action, a fin de elaborar el estudio a nivel definitivo, de tal forma que permita al alcalde realizar las gestiones pertinentes para obtener los recursos económicos que haga realidad su ejecución en el corto plazo. Asimismo la comunidad se comprometió a dar el apoyo de mano de obra no calificada en los trabajos de campo, alojamiento y alimentación al personal técnico de la ONG Pactical Action durante la permanencia en la localidad para realizar los trabajos.

1.3 ALCANCES

La construcción de la Microcentral Hidroeléctrica Chaupiloma-Chaupirume, beneficiara a 83 familias, haciendo un total de 470 habitantes de las comunidades de Chaupirume y Chaupiloma del distrito de Tumbadén, dotándolos de energía eléctrica para sus hogares, centros educativos, comercio y alumbrado público.

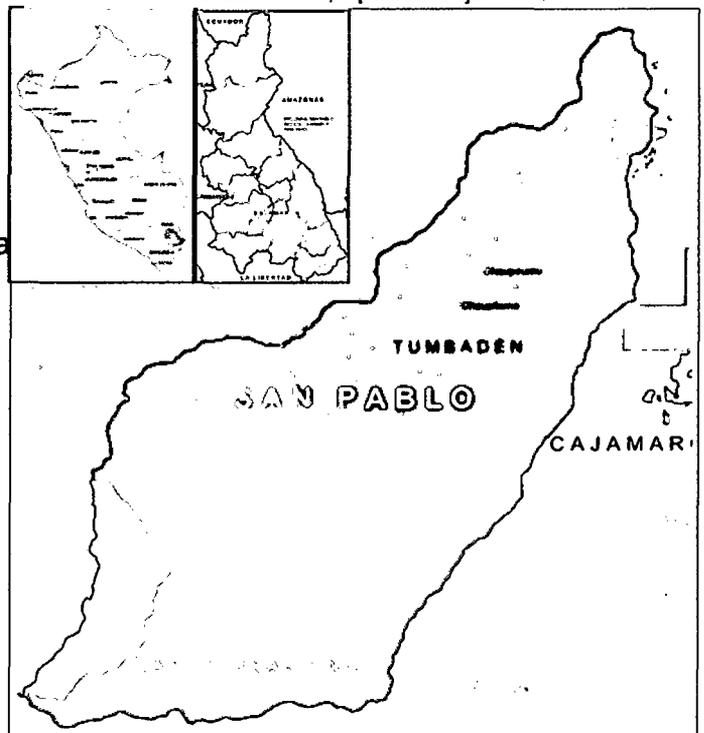
1.4 CARACTERÍSTICAS LOCALES

1.4.1 UBICACIÓN

Figura 1. Mapa político de la provincia de San Pablo.
 Fuente: Plan de acondicionamiento territorial provincia de San Pablo, Dpto. de Cajamarca

1.4.1.1 Ubicación Política

- **Distrito:** Tumbadén
- **Provincia:** San Pablo
- **Departamento:** Cajamarca
- **Región:** Cajamarca



1.4.1.2 Ubicación geográfica

Las comunidades Chaupirume y Chaupiloma están ubicadas respectivamente a una altitud de 3300 y 3200 m.s.n.m. Luego de la consulta a los pobladores locales se conoció que ambos centros poblados forman

una sola comunidad siendo Chaupiloma antes conocida como Chaupirume bajo. En la Tabla siguiente se muestran las coordenadas UTM que permiten ubicar con detalle la localización de la MCH.

Tabla 1. Coordenadas UTM Chaupirume – Chaupiloma
 Fuente. Elaboración propia

Coordenadas UTM	
Oeste	746132.85
Sur	9228187.65

1.4.2 VÍAS DE ACCESO

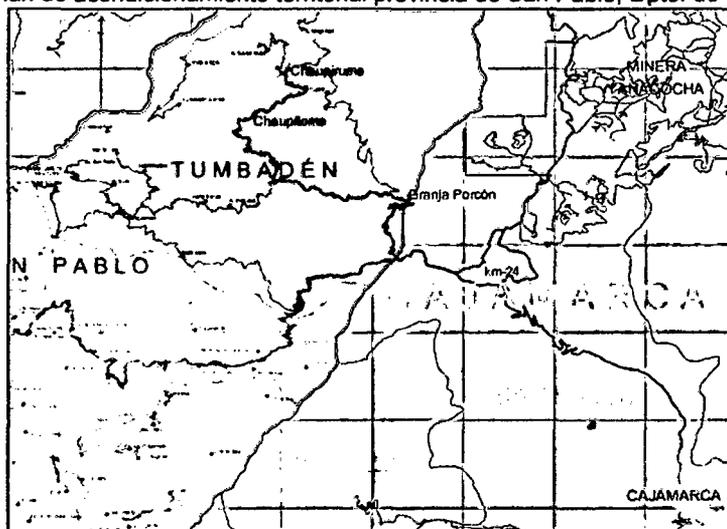
El acceso a la zona del proyecto desde la ciudad de Cajamarca, se lo hace a través de la carretera Cajamarca-Bambamarca, llegando al kilómetro 24 se toma el desvío

hacia a la izquierda que conduce hacia la Granja Porcón, de ahí se prosigue mediante una trocha carrozable en malas condiciones hasta llegar al lugar del proyecto.

Tabla 2. Itinerario de acceso a la zona del proyecto
 Fuente: Elaboración propia

ITINERARIO	Vía	Tipo de vías	Distancia
Cajamarca–km 24 de la carretera a Bambamarca	Terrestre	Asfalto	24 Km.
Km. 24 C.Bambamarca – Granja Porcón	Terrestre	Trocha carrozable	20 Km.
Granja Porcón - lugar del proyecto	Terrestre	Trocha carrozable	23 Km.
Tiempo empleado haciendo uso de vehículo particular, 2.00 horas.			

Figura 2. Carretera Cajamarca hacia Chaupiloma-Chaupirume (pintada con azul)
 Fuente: Plan de acondicionamiento territorial provincia de San Pablo, Dpto. de Cajamarca.



1.4.3 CLIMA

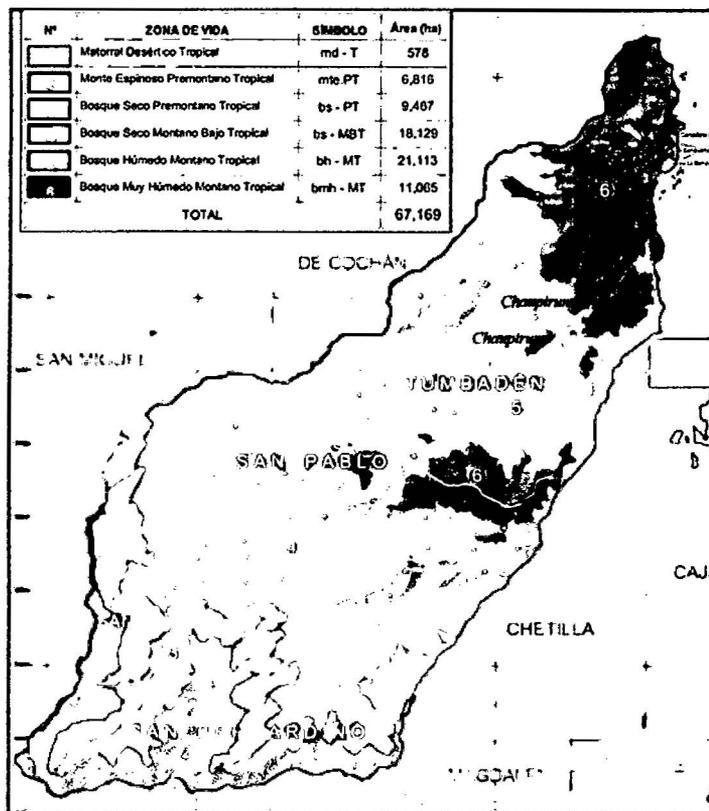
Según Pulgar Vidal en su clasificación del Perú en Pisos Ecológicos en el año 1938, las comunidades de Chaupiloma y Chaupirume están ubicada en la región Quechua (2500 a 3500 m.s.n.m), con un clima templado seco, esta clasificación se basa en la altitud, la flora y la fauna del lugar.

Y según Leslie Holdridge en su escala de Holdridge, clasifica a los centros de poblados de Chaupiloma y Chaupirume dentro de los Bosques húmedo montano tropical y dentro de estos en Bosques Andinos estacionales, esta clasificación se basa en las precipitaciones, temperatura, evaporación y vegetación.

Por lo tanto podemos concluir que las comunidades de Chaupiloma y Chaupirume cuentan con un clima templado seco, con una tempera que oscila entre los 10°C como mínimo y 20°C con máximo, con precipitaciones bajas durante 3 o 5 meses ,

que se dan en los meses de Junio a Octubre. Sus suelos son fértiles y con árboles medianos.

Figura 3. Zonas ecológicas en la provincia de San Pablo
 Fuente: Plan de acondicionamiento territorial provincia de San Pablo, Dpto. de Cajamarca.



1.4.4 PENDIENTE

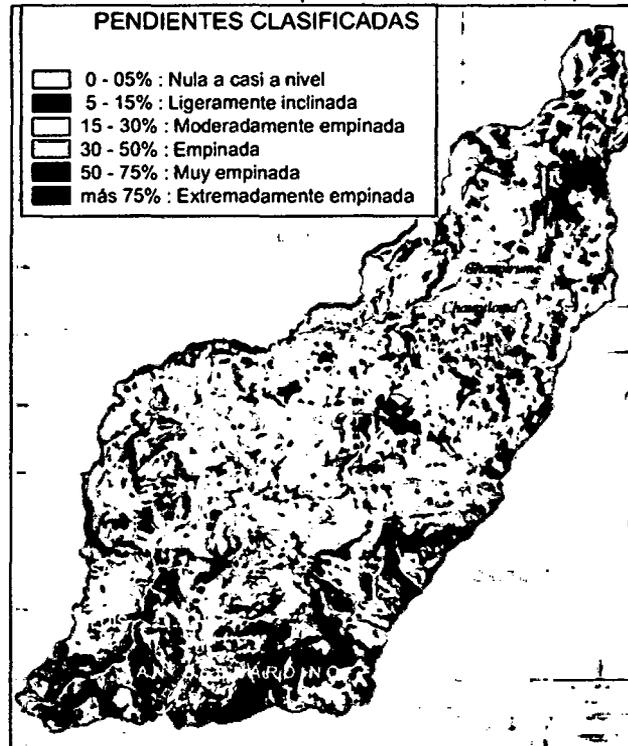
La pendiente es ligeramente empinada con variaciones del 15% al 30% que le confieren un relieve ondulado y en partes bastante accidentado como podemos observar en la figura 3. Así mismo se observan pequeñas terrazas bajas y medias en los márgenes de los principales ríos y quebradas.

Tabla 3. Pendientes clasificadas
 Fuente: Plan de acondicionamiento territorial provincia de San Pablo, Dpto. de Cajamarca.

Rango de Pendiente (%)	Dist. San Luis		Dist. San Bernardino		Dist. San Pablo		Dist. Tumbadén	
	Area (ha)	%	Area (ha)	%	Area (ha)	%	Area (ha)	%
0-5	61	1	229	1	1318	5	1849	3
5-15	166	4	418	3	5682	22	7814	12
15-30	704	16	2363	14	11595	44	21674	32
30-50	1316	31	5863	35	6439	24	21189	32
50-75	1474	34	5869	35	1250	5	11612	17
Más de 75%	554	13	1869	11	115	0	3031	5

Total	4275	100	16611	100	26399	100	67169	100
--------------	------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----

Figura 4. Mapa pendientes clasificadas en la provincia de San Pablo
 Fuente: Plan de acondicionamiento territorial provincia de San Pablo, Dpto. de Cajamarca.



1.4.5 SUELOS

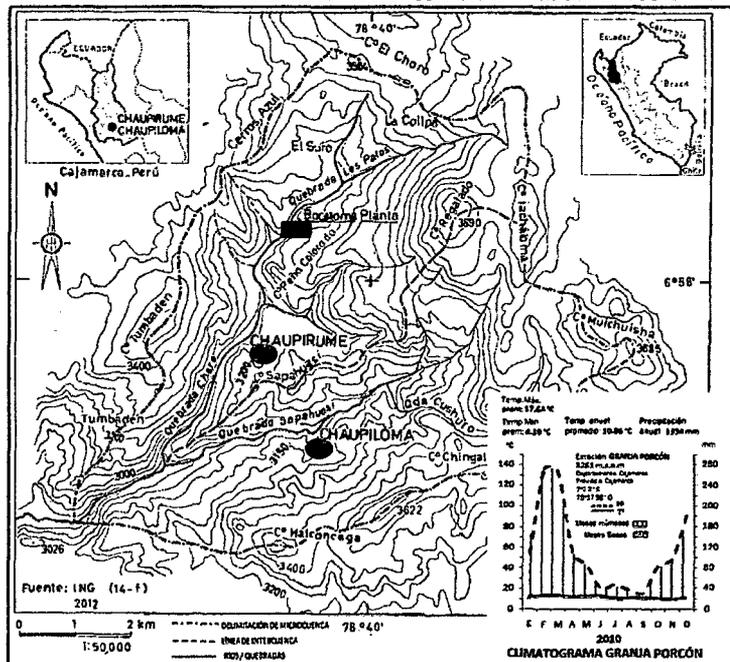
La categoría del suelo es de material detrítico de origen aluvial (AL) con una textura ligera en los 30 cm superiores, de clases; arena, arena franca y franco arenosa. Con una profundidad efectiva entre muy superficial a superficial moderadamente profunda. Su drenaje interno varía por zonas de asociado generalmente a texturas gruesas y/o poca profundidad; el perfil no muestra moteados y en zonas asociadas generalmente a texturas medias; el perfil no muestra moteados opacos en su base.

1.4.6 RECURSO HÍDRICO

Las comunidades de Chaupirume y Chaupiloma están ubicadas respectivamente en las microcuencas de las quebradas Choro y Sapahuasi (Casa del sapo), las cuales forman luego el río Tumbadén, que a su vez forma parte de la sub cuenca del río San Miguel. Estas microcuencas están dentro del cuadrante formado por los paralelos 6° 57' - 7° 01' latitud Sur y 79° 38' - 79° 47' longitud Oeste.

En la figura 5. se muestran las microcuencas Choro y Sapahuasi sobre un perfil topográfico del terreno, pudiendo así limitar el área de influencia de cada microcuenca (tramas de puntos y líneas), además se incluye una línea de intercuenca (trama de líneas segmentadas) que separa ambas microcuencas. También se puede apreciar la ubicación de la bocatoma.

Figura 5. Mapa de las microcuencas Choro y Sapahuasi.
Fuente. Vulnerabilidad de los ecosistemas al cambio climático. Bruce E.Young



1.5 ESTUDIO SOCIO ECONÓMICO

El estudio socio económico se realizó mediante encuestas llevadas a cabo a los pobladores de las comunidades de Chaupiloma y Chaupirume. El modelo de encuesta con el que se trabajó está en el anexo 3.

1.5.1 POBLACIÓN

En las comunidades de Chaupiloma y Chaupirume existen 83 familias haciendo un total de 470 habitantes con un promedio cinco integrantes por cada familia.

1.5.2 VIVIENDA.

Las viviendas son de adobe y en su mayoría de un solo nivel, con un promedio de cuatro ambientes, no cuentan con servicio de agua entubada ni letrinas.

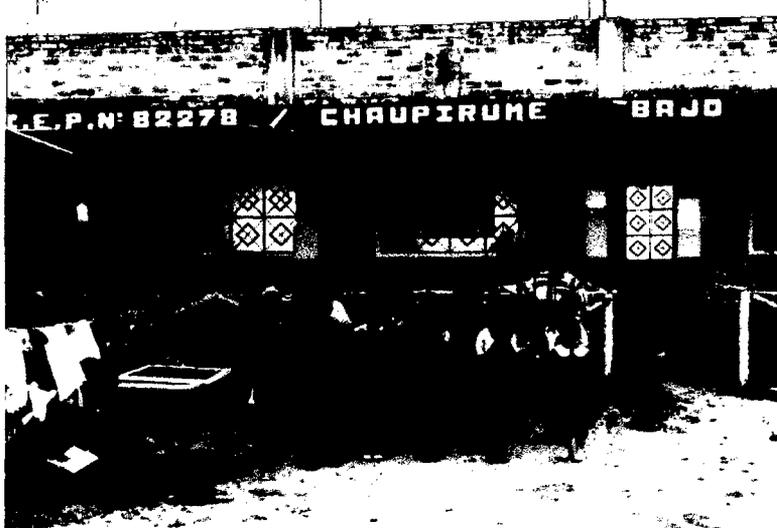
El material que predomina en la construcción de las paredes es el adobe y el tapial, los piso son de tierra y el techo de madera aserrada con cobertura de calamina galvanizada.

1.5.3 EDUCACIÓN.

Las comunidades de Chaupiloma y Chaupirume cuentan con un centro educativo de nivel primario cada una, que acogen a 30 y 60 alumnos respectivamente y están a cargo de seis docentes. No existen centros educativos de nivel secundario, en ninguna de las dos comunidades.

Cuentan con un generador eléctrico el cual es empleado en ocasiones importantes.

Fotografía 1. Escuela primaria 82278 de la comunidad de Chaupiloma (Chaupirume bajo).
Fuente. Elaboración propia



1.5.4 SALUD

No existe ningún puesto de salud en las comunidades de Chaupiloma y Chaupirume por lo que los habitantes van a atenderse en el puesto de salud del distrito y en algunos casos en el puesto de salud de Quebrada Honda.

1.5.5 ACTIVIDADES ECONOMICAS

Las principales actividades económicas son:

1.5.5.1 Ganadería

Es una de las actividades más importantes para las familias, ya que contribuye el ingreso de dinero más importante, con la venta de la leche y de ganado. También practican la venta de ganado ovino y caballar en menor porcentaje.

La venta de la leche se realiza a la NESTLE y GLORIA que son empresas dedicadas a la elaboración de alimentos. El promedio de producción de leche es de cinco a diez y ocho litros por familia, lo que significa un ingreso mensual de 300 a 450 nuevos soles aproximadamente.

1.5.5.2 Agricultura

A pesar de no ser una actividad rentable, es una de las más importantes debido a que de ella depende el sustento diario para la alimentación de las familias por ser de autoconsumo en un 75%.

El 68% de los cultivos son secano destinado a la papa, olluco y cebada, y el 32% de los cultivos bajo riego destinado a los pastos.

Los cultivos principales son:

La papa: Es el cultivo de mayor importancia, tanto para el consumo familiar como para la comercialización, la siembra se realiza una vez al año y a partir del mes agosto.

Oca y Olluco: Es destinada para el autoconsumo en su totalidad, la siembra se realiza en el mes de agosto.

Cebada: Es destinada en un 85% para autoconsumo, se utiliza poca extensión de terreno y la siembra se realiza en el mes de noviembre.

1.5.5.3 Fuerza de trabajo

Es la actividad mediante la cual se recibe dinero por una actividad realizada, la mayor parte de este ingreso proviene del trabajo como peón, en actividades de construcción, por lo que tienen que emigrar a la ciudad de Cajamarca, pero solo por temporadas.

1.5.6 PROBLEMÁTICA ENERGÉTICA

1.5.6.1 Fuentes de energía

Las principales fuentes de energía que utilizan los pobladores de los centros poblados de Chaupiloma y Chaupirume son; Velas, mecheros, lámparas a gas, petromax, pilas, leña, baterías y pequeños grupos electrógenos. Con las que realizan el alumbrado de sus viviendas, la cocción de sus alimentos y para hacer funcionar pequeños artefactos electrónicos.

En la siguiente tabla se puede ver en qué porcentaje se utiliza cada fuente de energía.

Tabla 4. Fuentes de energía utilizadas por los pobladores de Chaupiloma y Chaupirume.
Fuente: Encuestas realizadas en las comunidades de Chaupiloma y Chaupirume (Anexo 1)

Fuente de Energía	Nº de Usuarios	Porcentaje (%)
Leña	470	100.0
Mechero	140	29,79
Lámpara Petromax	11	2,34
Lámpara a Gas	0	0,00
Velas	350	74,47
Pilas	66	14,04
Batería	12	2,55
Grupo Electrónico pequeño	1	0.21

Del cuadro podemos concluir que para cocinar todos utilizan leña, que las tres cuartas partes de la población utilizan velas para alumbrarse y un tercio mechero, que más de la mitad utilizan pilas para hacer funcionar sus radios, que menos del tres por ciento cuenta con celulares y televisores, y por último que solo cuentan con un pequeño grupo electrónico que tienen que compartir entre las dos comunidades.

Con la construcción de la MCH se pretende que el consumo y/o utilización de velas, pilas, leña y baterías disminuya en su totalidad, por ser energía contaminante que repercute en la salud de los pobladores especialmente en la de los niños. Además del desarrollo de actividades productivas con son las carpinterías, plantas de enfriamiento, tiendas etc.

1.5.6.2 Gasto Mensual

De acuerdo a la información brindada por los pobladores el gasto estimado por el consumo de velas, pilas, leña baterías, etc. es de **S/. 22.75** nuevos soles por familia,

con el funcionamiento de la MCH se pretende reducir este gasto a **S/. 5.00** nuevos soles por familia que serán destinados a la operación y mantenimiento de la MCH.

1.6 JUSTIFICACION

Las comunidades de Chaupiloma y Chaupirume no cuentan con energía eléctrica y no se encuentran dentro del Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER).

Con la construcción de la MCH se pretende solucionar este problema, permitiendo de esta manera que las familias que pertenecen a estas comunidades puedan contar energía eléctrica dentro de sus hogares, contar con alumbrado público y ayudar mejorar los servicios educación, salud y comunicación.

Con la energía eléctrica se abre la posibilidad de creación de pequeños negocios como pueden ser carpinterías, pequeñas plantas de enfriamiento, talleres artesanales etc.

CAPITULO 2. REVISION DE LITERATURA

2.1 MICROCENTRAL HIDROELÉCTRICA

(Sanz, 2008)

Es una obra Hidráulica que aprovecha la energía potencial que posee la masa de agua de un cauce natural en virtud de un desnivel, también conocido como salto geodésico. El agua en su caída pasa por una turbina hidráulica la cual transmite la energía a un generador donde se transforma en energía eléctrica.

2.2 CLASIFICACION DE LAS MICROCENTRALES POR LA POTENCIA.

La organización Latinoamericana de energía clasifica de acuerdo a la potencia instalada como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 5. Clasificación de las Microcentrales por la potencia.
Fuente: Organización Latino Americana de energía

Potencia en (kw)	Tipo
0-50	Microcentral
50-500	Minicentral
500-5000	Pequeña central

2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA

2.2.1.1 Potencia instalada P_{inst} .

(Sanz, 2008)

También llamada potencia útil nominal, esta potencia está en función del desnivel existente y del caudal máximo turbinable y se calcula a partir de la siguiente ecuación.

$$P_{inst} = \gamma \times Q_e \times H_n \times n_t \times n_m \times n_g \times n_{tr} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

- P_{inst} = potencia instalada o potencia útil nominal, kw
- γ = peso específico del agua, 9.91 KN/m³
- Q_e = caudal de equipamiento, m³/sg
- H_n = salto neto, m
- n_t = rendimiento de la turbina

- n_m = rendimiento del multiplicador
- n_g = rendimiento del generador
- n_{tr} = rendimiento del transformador.

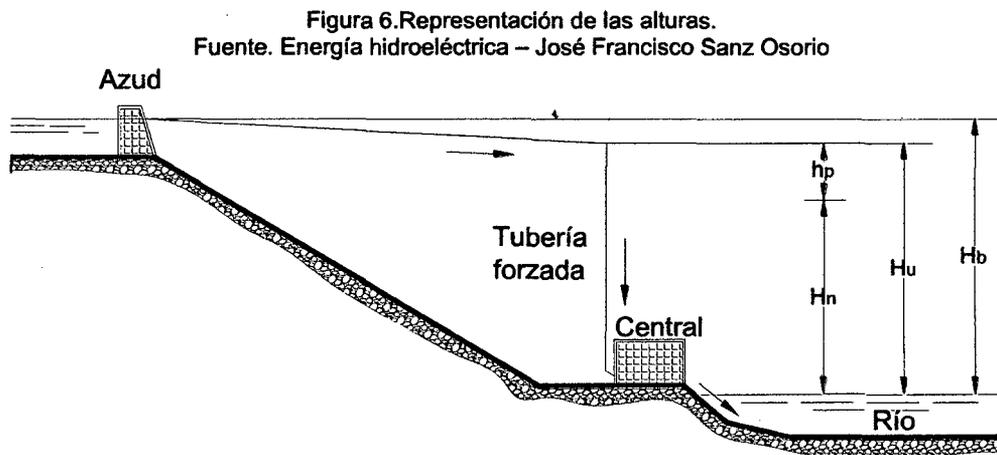
Para un pre dimensionamiento se considera valores de los rendimientos 0.70 a 0.8.

2.2.1.2 Desnivel aprovechable (H)

(Sanz, 2008)

El desnivel aprovechable es la distancia vertical recorrida por una masa de agua desde un determinado nivel superior a otro inferior.

Básicamente se distinguen cuatro tipos de saltos:



Salto bruto (H_b):

Es el salto total existente, y su valor es igual a la diferencia de altura entre el nivel de agua de aguas arriba del salto y el nivel inferior. El nivel inferior depende del tipo de turbina: en el caso de turbinas de reacción corresponde al punto de devolución del agua del río, mientras que en el caso de las turbinas de acción el nivel inferior viene dado por el punto donde el agua golpea a las cazoletas del rodete.

Salto útil (H_u):

Es la diferencia de altura entre el nivel de la cámara de carga y el nivel inferior.

Perdidas de carga (h_p):

Corresponde a la pérdida de altura efectiva debido a rozamientos en los diversos elementos de conducción y control del caudal, desde el nivel en la cámara de carga y el nivel inferior.

Los tubos de canalización deben estar dimensionados para que las pérdidas de rozamiento sean inferiores al 4% del salto total disponible.

Salto neto (H_n):

Es el valor obtenido de restarle al salto útil todas las pérdidas de carga. Este es el salto empleado para el cálculo de la potencia de la turbina.

2.2.1.3 Medición de la altura mediante el método del eclímetro y la wincha

(Practical Action, 2010)

Para este método es necesario la participación de dos personas: una persona A, que usará el eclímetro y la persona B que realizara la medición. El grado de precisión del método depende de la habilidad del uso del eclímetro.

a. Equipo necesario

- Eclímetro
- Wincha de 30 m
- Estacas
- Machetes
- Comba de 3 libras
- Libreta de notas y lapicero.

b. Procedimiento.

La persona A tomara el eclímetro para iniciar la medición, como se aprecia en la figura 7 dirigiendo la línea de la mira a los ojos de B. En esta posición deberá graduarse cuidadosamente el ángulo del eclímetro y ajustarlo suavemente para evitar su movimiento.

Leer el ángulo vertical que forma la horizontal con la visual (α_1) y anotarlo en la libreta de notas.

Medir la distancia L_1 en dirección de la visual entre A y B y registrar en la libreta de notas.

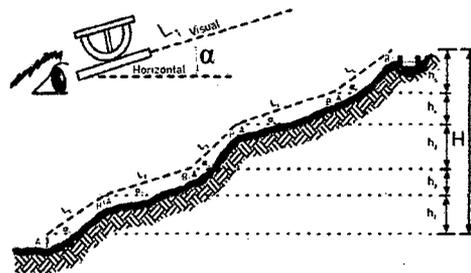
La persona A se desplazara al lugar en donde estuvo B en la primera medición, mientras que B se desplazará a una nueva posición para tomar los datos de α_2 y L_2 , y registrarlos en la libreta de notas.

Repetir el procedimiento cuantas veces sea necesario.

Calcular las alturas parciales aplicando la siguiente formula.

$$H_1 = L_1 \times \text{sen } \alpha_1 \quad \text{Ec. 2}$$

Figura 7. Determinación de la altura usando eclímetro y wincha.
Fuente: Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídricos, diseño e instalación de Microcentrales Hidroeléctricas-Soluciones Practicas



2.2.2 DEMANDA DE ENERGÍA

Con el fin de determinar la demanda actual, se debe conocer la información que refleje el consumo energético.

2.2.2.1 Población

(Mendez, 2009)

Para realizar el cálculo de la población futura usamos el método del interés compuesto.

$$P_f = P_0 \times (1 + r)^{T_f - T_i} \quad \text{Ec. 3}$$

$$r = (P_f - P_i)^{1/(T_f - T_i)} - 1 \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

- P_f =población a calcular
- P_0 =población inicial
- r =razón de crecimiento
- T_f =tiempo futuro
- T_i =tiempo inicial

2.2.2.2 Calculo de la demanda actual

(Practical Action, 2010)

La estimación de la demanda se realiza generalmente en base a la potencia, es decir a la demanda máxima de potencia.

Método aplicado por Practical Action

Este método considera cuatro tipos de cargas con los siguientes detalles:

Demanda doméstica: demanda residencial, estima una potencia de entre 250 y 400w/vivienda.

Demanda institucional: se estima una potencia en base a las instituciones existentes escuelas, postas de salud etc.

Demanda industrial: se base en las pequeñas empresas como; bodegas, carpinterías, aserraderos, peladoras de arroz, etc. y su posible tecnificación gracias a la energía eléctrica.

Alumbrado público: Está compuesta por el número de luminarias que se quiere instalar.

2.3 PARTES DE UNA MICROCENTRAL HIDROELÉCTRICA

(Sanz, 2008)

Una MCH cuenta con las siguientes partes:

- Bocatoma
- Canal de desviación
- Desarenador y Cámara de carga
- Casa de máquinas
- Tubería forzada

2.3.1 BOCATOMA

(Mansen, 2010)

Es una estructura situada perpendicularmente al río con la misión de elevar el nivel del mismo y conseguir una zona de aguas tranquilas desde la cual se desvía el caudal necesario.

Ubicación de la bocatoma

La captación debe ubicarse donde los sedimentos de arrastre que trae el río puedan ser llevados por el flujo del río. Si hay posibilidad de ingreso de sedimentación hacia el canal este debe ser lo mínimo posible.

Así mismo debe ubicarse en tramos rectos del río, y si se tiene que colocar en tramos curvos, debe estar en la zona más cóncava, ya que es la parte donde los sedimentos son en menor cantidad.

2.3.1.1 Partes de una bocatoma

(Mansen, 2010)

La bocatoma está conformada por:

- Ventana de captación o bocal
- Barraje vertedero o azud
- Compuerta de limpieza
- Muros de encauzamiento

2.3.1.2 Diseño hidráulico de la estructura de la bocatoma

(Mansen, 2010)

Ventana de captación o bocal

Está ubicada por lo general aguas arriba del barraje vertedero, siempre tratando de estar en un lugar donde el ingreso de sedimentos sea el mínimo en cuanto a cimentación es recomendable buscar roca para asentar la estructura

La captación de agua se realiza mediante una abertura, sus dimensiones son calculadas en función del caudal a derivar para lo cual aplicamos la siguiente ecuación

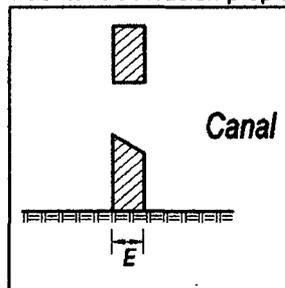
$$Qd = C \times L_b \times h_0^{3/2} \qquad \text{Ec. 5}$$

Donde:

- Q_d = caudal de derivación o de diseño, en m^3/sg .
- C =Coeficiente, 1.84 para vertedero y 0.80 para orificio ahogado
- L_b = longitud del bocal, en m. Se asume.
- h_0 =altura del bocal, en m.
- h_s =altura de seguridad con el fin de corregir efectos de oleaje y coeficientes de la formula (20cm o mayor)

Calculamos el espesor del umbral "E"

Figura 8. Vista de perfil del umbral.
Fuente: elaboración propia



Se recomienda un espesor de 25 cm

Calculo de la Pérdida de Carga por Rejilla " h_r "

La principal objeción de las rejillas es que causan pérdidas de carga las cuales deben ser consideradas durante el dimensionamiento.

Hallamos la Velocidad del agua frente a la rejilla (V_1)

$$V_1 = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{L_b * h_0} \quad \text{Ec. 6}$$

$$h_r = k \left(\frac{e}{a} \right)^{4/3} * \frac{V_1^2}{2g} * \text{sen} \alpha_1 \quad \text{Ec. 7}$$

Dónde:

- K =coef. q depende de la forma de la varilla
- e =diámetro de las varillas de la rejilla (cm)
- a =separación entre varillas (cm)
- V_1 =velocidad del agua frente a la rejilla m/seg
- $b=0^\circ$ Con respecto del río
- $e/a=0.254$
- C =factor de corrección

- α =inclinación de la rejilla

Para calcular en número de varillas

$$N^{\circ} \text{ var} = \frac{L_b}{a + e} \quad \text{Ec. 8}$$

La altura total de la captación es hb:

$$hb = h_0 + h_r + bl \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:

- Hr=pedida de carga en la rejilla
- bl varía entre 10-20 cm

Calculamos la altura del Umbral del Bocal (Pb)

$$P_b = 1.30(\overline{X_d} + d_{50}) \quad \text{Ec. 10}$$

Donde:

- $\overline{X_d}$ =Tamaño medio de las rocas que transporta el río
- d_{50} = diámetro correspondiente al 50% de finos en la curva de distribución granulométrica.

Calculamos la altura total de barrage "P"

$$P = h_b + P_b + Bl \quad \text{Ec. 11}$$

Donde:

- P=altura del barrage.
- hb =altura del bocal.
- P=altura del umbral
- Bl=borde libre , en m (se recomienda 20 cm)

Diseño del Barraje vertedero o azud

Es recomendable dar forma a la cresta de modo tal que evite la presencia de presiones negativas que causen daño al concreto.

Calculamos la Carga en Máximas Avenidas "H":

$$Q_{m\acute{a}x} = b \times C_{dD} \times H^{3/2} \times \sqrt{2g} \quad \text{Ec. 12}$$

Donde:

- $Q_{m\acute{a}x}$ =caudal máximo del río
- C=coeficiente de descarga para un vertedero cinaseo es 2.
- T=tirante del río.
- H=altura de lámina de vertiente.

Cálculo de la Velocidad en la cresta del barrage (Vh):

$$V_h = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{b \times 0.69H} \quad \text{Ec. 13}$$

Cálculo de la pérdida por fricción (h_f):

$$h_f = \frac{0.1 \times Vh^2}{2g} \quad \text{Ec. 14}$$

Por lo tanto:

$$H_0 = H - \frac{Vh^2}{2g} \quad \text{Ec. 15}$$

Calculamos los Radios y Distancias del Barraje:

Radios

- $R1=0.5H$
- $R2=0.2H$

Distancias:

- $X1=0.175H$
- $X2=0.24H$

Calculamos las coordenadas del punto de tangencia:

$$\frac{1.85 \times X \times t^{0.85}}{2H^{0.85}} = \frac{1}{Z} \quad \text{Ec. 16}$$

Diseño del solado o colchón disipador de energía

Calculamos el tirante crítico d_1 y V_1 :

Caso 1:

$$V_1 = \left[2g \times \left(r + P + H - d_1 + \frac{0.9 \times Vh^2}{2g} \right) \right]^{1/2} \quad \text{Ec. 17}$$

Caso 2:

$$V_1 = \frac{Q_1}{A} = \frac{Q_1}{d_1 \times T} \quad \text{Ec. 18}$$

Donde:

- r=profundidad del colchón disipador (0.50-1.0 m)
- V_h =Velocidad en la cresta del barrage.
- V_1 =Velocidad al pie del azud.
- H=carga máxima de avenidas
- P=altura del barrage
- T=longitud del ancho del rio

Hallamos el tirante conjugado d_2 y d_n

$$d_2 = -\frac{d_1}{2} + \left(\frac{d_1^2}{4} + \frac{2 \times d_1 \times V_1^2}{g} \right)^{1/2} \quad \text{Ec. 19}$$

Además

$$d_n = d_2 - r \quad \text{Ec. 20}$$

Hallamos la longitud del colchón de amortiguamiento (LD)

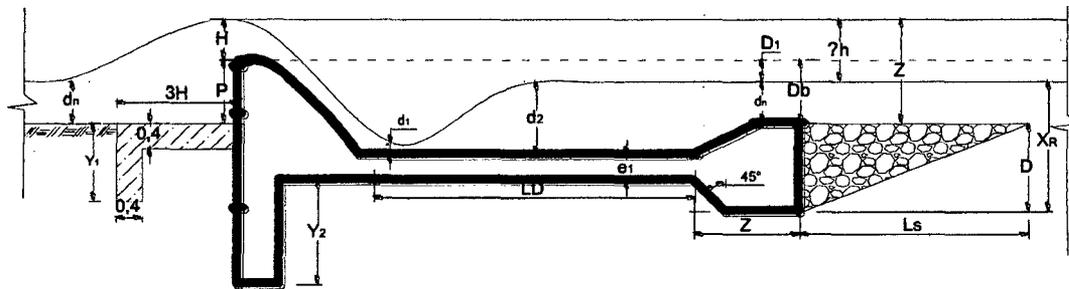
Según Schoklitsch

$$LD = 5 \times (d_2 - d_1) \quad \text{Ec. 21}$$

Según Safranez

$$LD = 4 \times d_2 \quad \text{Ec. 22}$$

Figura 9. Perfil del colchón disipador.
 Fuente: Elaboración propia.



- $Z=1.64$
- $Y_1=(0.75-0.8)*Z$
- $Y_2=(1-1.5)*Z$
- $Y_3=0.3*Z$

Solado sampeado (S_s)

- $S_s=3xH$

Enrocado de protección o escollera (L_s)

Al final dl colchón disipador es necesario colocar una escollera o enrocado (rip.rap) con el fin de reducir el efecto erosivo y contra restar el arrastre del material fino por acción de la filtración

La longitud de escollera recomendada por Bling es:

$$L_s = L_t - L_o \tag{Ec. 23}$$

$$L_t = 0.67 \times C \times (Db \times q)^{1/2} \tag{Ec. 24}$$

$$L_o = 0.60 \times C \times D_1^{1/2} \tag{Ec. 25}$$

Donde:

- D_b =altura comprendida entre la cota del extremo aguas abajo del colchón disipador y la cota de la cresta del barraje vertedero, en m.
- D_1 =altura comprendida entre el nivel de agua en el extremo de aguas abajo del colchón disipador y la cota del barraje vertedero, en m.
- $q = 1.22$ avenida de diseño por unidad de longitud del vertedero
- C =coeficiente de Bligh
- D =altura del dentellón ver dibujo

Tabla 6. Valores del coeficiente C para Bligh y Lane.
 Fuente: Diseño de bocatomas -Valderrama

Lecho del cauce	Tamaño el grano (mm)	C Bligh	C Lane
Arena fina y limo	0.005 a 0.01	18	8.5
	0.1 a 0.25	15	7
Arena fina y limo	0.5 a 1	12	6
arena gruesa gravas y arenas		9	4
Boloneria gravas y arenas		4 a 6	3
Arcilla		6 a 7	1.6 a 3

Espesor del solado o colchón disipador

El espesor se ubica en el centro de la longitud del colchón de amortiguamiento.

$$e = \frac{h}{w-1} \quad \text{Ec. 26}$$

Donde :

- W=peso específico de concreto
- h=supresión en el punto considerado

Se recomienda que "e" sea mayor o igual que 0.40 m y también tomar el 10%, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$hf = 0.1 \frac{Vh^2}{2g} \quad \text{Ec. 27}$$

$$hf = h \left(\frac{S_p}{S_t} \right) \quad \text{Ec. 28}$$

Donde:

- S_p = camino de percolación parcial
- S_t = camino de percolación considerado

$$\Delta h = P + H - d_2 + r \quad \text{Ec. 29}$$

$$q = \frac{Q_r}{T} \quad \text{Ec. 30}$$

$$e_1 = 0.2q^{0.5} \times \Delta h^{0.25} \quad \text{Ec. 31}$$

Muros de encauzamiento:

(Vásquez, 2009)

El diseño para los muros de encauzamiento está dado por la determinación de la longitud y la profundidad del muro tanto aguas arriba como aguas debajo de la toma.

a. Altura de los muros de encauzamiento.

- *Muro aguas arriba*

$$\bullet \quad H_u = H + P + bl \quad \text{Ec. 32}$$

El bl debe estar entre 40 y 60 cm.

- *Muro aguas abajo*

$$HD = \left(1.10 - \frac{F1^2}{20} \right) y_2 + bl \quad \text{Ec. 33}$$

Erosión en obras hidráulicas

(León, 2003)

La erosión es la degradación del río, este fenómeno tiene lugar aguas debajo de las presas de almacenamiento o encauzamiento de reciente construcción, que almacenan la descarga de sedimentos en el embalse aguas arriba de la estructura, esta erosión se produce cuando hay un cambio brusco en la dirección del flujo.

Erosión local

Es causada por perturbaciones locales en el flujo tales como vórtices y remolinos, causadas por importantes cambios de dirección en el flujo. La erosión causa el abatimiento de un sector definido del fondo del cauce por debajo de su nivel natural, estas erosiones se dan en la base de las pilas, diques y construcciones similares. La profundidad define la profundidad del hueco de erosión aguas arriba y aguas debajo de la pila.

La aplicación de la teoría de erosión nos permite determinar dos parámetros muy importantes que son el ancho del muro de encauzamiento y la profundidad de erosión aguas debajo de la estructura, es decir la zona donde los muros han fallado por volteo.

Erosión aguas debajo de la estructura hidráulica.

Según Eggemberger (1943) está dada por la siguiente formula

$$d_s = S + hd = C \times \frac{H^{0.5} \times q^{0.6}}{D_{90}^{0.40}} \quad \text{Ec. 34}$$

Muller encontró que C=15.4 en la fórmula de Eggemberger para flujo vertido libremente

Donde :

- H=caída del agua de la estructura, aguas debajo de esta, en m.
- q=caudal máximo de diseño /ancho del cauce, en m³/sg/m
- D90= diámetro correspondiente al 90% de finos en la curva de distribución granulométrica porcentaje de
- hd=tirante aguas abajo de la estructura, luego de la zona de erosión

Para calcular hd hacemos uso de la fórmula de Manning

b. Longitud de los muros de encauzamiento

Como ya hemos mencionado, al construir el barraje en el cauce del río , se eleva el nivel del agua delante del vertedero que pueden generar problemas en los terrenos cercanos al río , para evitar esta situación es necesario determinar la curva de remanso , que nos ayudara a determinar la longitud necesaria que debe tener el muro de encauzamiento y que no exista inundaciones.

Diseño por estabilidad

(Vásquez, 2009)

Paso1. Verificación por volteo

Utilizamos la siguiente expresión:

$$C_v = \frac{M_v}{M_H} \geq 2 \quad \text{Ec. 35}$$

- MV=sumatoria de momentos de fuerzas verticales
- MH=sumatoria de momentos de fuerzas horizontales

Paso 2.verificacion al desplazamiento

Utilizamos la siguiente expresión:

$$C_D = \frac{F_V \times f}{F_H} \geq 2 \quad \text{Ec. 36}$$

- FV=sumatoria de momentos de fuerzas verticales
- FH=sumatoria de momentos de fuerzas horizontales
- f=coeficiente de fricción que depende del tipo de material

Tabla 7. Valores para el coeficiente de fricción.
 Fuente: Diseño de bocatomas- Valderrama

Material	f
Concreto/concreto	0.7
Concreto/roca sana	0.7
Concreto/roca de mediana calidad	0.6
Concreto/grava	0.5
Concreto/arena	0.4
Concreto/arcilla	0.2 a

a) cálculo de la supresión por el Método de Lane

Utilizamos la siguiente expresión:

$$P_i = Z - Z \left(\frac{L_i}{L} \right) \quad \text{Ec. 37}$$

b) cálculo de la presión del fluido

Utilizamos la siguiente expresión:

$$P = \gamma \times H \quad \text{Ec. 38}$$

c) Peso propio de la estructura

d) verificación por volteo

Utilizamos la siguiente expresión:

$$C_V = \frac{M_V}{M_H} \quad \text{Ec. 39}$$

e) verificación por desplazamiento

Utilizamos la siguiente expresión:

$$C_d = \frac{F_V \times f}{F_H} \quad \text{Ec. 40}$$

f) cálculo de la excentricidad

Utilizamos la siguiente expresión:

$$\sum M_0 = 0 \quad \text{Ec. 41}$$

$$\frac{C}{3} \leq X \leq \frac{2C}{3} \quad \text{Ec. 42}$$

g) cálculo de los esfuerzos admisibles

$$\sigma_y = \frac{N}{b} \mp \frac{6 \times e \times N}{b^2} \quad \text{Ec. 43}$$

2.3.2 CANAL DE DERIVACIÓN

(ANA, 2010)

Es una estructura hidráulica cuya función es conducir el agua desde la bocatoma hasta la cámara de carga. Por su forma geométrica pueden ser rectangulares, trapezoidales, circulares y semicirculares y por el material del que están hechos puede ser de tierra, concreto, mampostería de piedra, madera y tubería de PVC.

El revestimiento será necesario solo en terreno donde la filtración del agua sea alta como en terrenos arenosos, gravosos etc.

2.3.2.1 Sección hidráulicamente óptima

Se dice que un canal es de máxima eficiencia hidráulica cuando para la misma área y pendiente conduce el mayor caudal posible, ésta condición está referida a un perímetro húmedo mínimo, la ecuación que determina la sección de máxima eficiencia hidráulica es:

$$\frac{b}{y} = 2 \times \operatorname{tg} \left(\frac{\theta}{2} \right) \quad \text{Ec. 44}$$

Siendo θ el ángulo que forma el talud con la horizontal, $\arctan(1/z)$, b plantilla del

Tabla 8. Relación que existe entre el talud la máxima eficiencia hidráulica y mínima infiltración.
 Fuente. Criterios de diseños de obras hidráulicas - ANA

Talud	Angulo	Máxima Eficiencia	Mínima Infiltración	Promedio
Vertical	90°00'	2.0000	4.0000	3.0000
1 / 4 : 1	75°58'	1.5616	3.1231	2.3423
1 / 2 : 1	63°26'	1.2361	2.4721	1.8541
4 / 7 : 1	60°15'	1.1606	2.3213	1.7410
3 / 4 : 1	53°08'	1.0000	2.0000	1.5000
1:1	45°00'	0.8284	1.6569	1.2426
1 ¼ : 1	38°40'	0.7016	1.4031	1.0523
1 ½ : 1	33°41'	0.6056	1.2111	0.9083

2 : 1	26°34'	0.4721	0.9443	0.7082
3 : 1	18°26'	0.3246	0.6491	0.4868

De todas las secciones trapezoidales, la más eficiente es aquella donde el ángulo α que forma el talud con la horizontal es 60° , además para cualquier sección de máxima eficiencia debe cumplirse: $R_h = y/2$

2.3.2.2 Diseño de secciones hidráulicas

(Castro, 2006)

Para el diseño hidráulico de tener en cuenta el material del cuerpo del canal, el coeficiente de rugosidad, la velocidad máxima y la velocidad mínima permitida, la pendiente y los taludes .La ecuación más utilizada es la de Manning.

$$Q = \frac{A}{\eta} * R^{2/3} * S^{1/2} \quad \text{Ec. 45}$$

$$V = 1/n * \sqrt[3]{R^2} * \sqrt{S} \quad \text{Ec. 46}$$

- Q = caudal máximo de derivación, en m³/g
- V=velocidad, en m/sg
- n=coeficiente de rugosidad
- A=área de la sección transversal, en m²
- P=perímetro mojado (contacto del agua con el fondo y las paredes)
- R=Radio hidráulico, (A/P)
- S=pendiente del fondo del canal
- Y=Tirante hidráulico

a. Coeficiente de rugosidad (η)

(ANA, 2010)

Cuando el agua pasa por el canal, pierde energía en el proceso de deslizarse por las paredes y el fondo. Mientras más rugoso es el material del canal, hay más pérdidas por fricción y mayor será pendiente o desnivel que se requerirá entre la entrada y la salida del canal.

Tabla 9. Coeficiente de rugosidad
 Fuente: Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídrico, diseño de instalación de Microcentrales Hidroeléctricas.

CANALES DE TIERRA	N
Arcilla	0.0130
Arena con algo de arcilla o roca partida	0.0200
Grava fina de 10/20/30 mm	0.0222
Grava regular de 20/40/60 mm	0.0250
Grava gruesa de 50/100/150 mm	0.0286
Revestido con piedras	0.0370
Canales en roca	n
Roca medianamente irregular	0.0370
Roca irregular	0.0455
Roca muy irregular con muchos salientes	0.0588
Mampostería de piedra con cemento	0.0200
Canales de concreto	n
Buen acabado con cemento (enlucido)	0.0100
Acabado con yeso o concreto suave con alto contenido de cemento	0.0118
Concreto no enlucido	0.0149
Concreto con superficie suave	0.0161
Revestimiento con concreto irregular	0.0200
Superficies de concreto irregular	0.0200

Figura 10. Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes.
 Fuente: Criterios de diseños de obras hidráulicas - ANA

Sección	Area hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$\frac{(\text{sen}\frac{\theta}{2})D}{6}$ $\frac{2\sqrt{y(D-y)}}{2\sqrt{y(D-y)}}$
 Parabólica	$2/3 Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2 y}{3T + 8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

b. Talud apropiado según el tipo de material

(ANA, 2010)

La inclinación de las paredes laterales de un canal, depende de varios factores pero en especial de la clase de terreno donde están alojados.

Tabla 10. Pendientes laterales en canales según tipo de suelo.
 Fuente. Aguirre Pe, Julián, "Hidráulica de canales"

MATERIAL	CANALES POCO PROFUNDOS	CANALES PROFUNDOS
Roca en buenas condiciones	Vertical	0.25 : 1
Arcillas compactas o conglomerados	0.5 : 1	1 : 1
Limos arcillosos	1 : 1	1.5 : 1
Limos arenosos	1.5 : 1	2 : 1
Arenas sueltas	2 : 1	3 : 1
Concreto	1 : 1	1.5 : 1

c. Velocidad del agua (v)

(Practical Action, 2010)

Un flujo de agua excesivamente rápido erosionará las paredes de un canal, mientras que velocidades demasiado bajas permitirán el depósito de sedimento y su obstrucción.

Tabla 11. Velocidades recomendadas para canales de diferentes materiales
 Fuente: Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídrico, diseño e instalación de Microcentrales Hidroeléctricas

Material	Velocidad máxima	
	< 0.3 m de profundidad	< de 1.0 m de profundidad
Arena	0.3 m/s	0.5 m/s
Greda arenosa	0.4 m/s	0.7 m/s
Greda	0.5 m/s	0.8 m/s
Greda de arcilla	0.6 m/s	0.9 m/s
Arcilla	0.8 m/s	2.0 m/s
Mampostería	1.5 m/s	2.0 m/s
Concreto	1.5 m/s	2.0 m/s

Tabla 12. Velocidades mínimas recomendadas para evitar sedimentación.
 Fuente: Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídrico, diseño e instalación de Microcentrales Hidroeléctricas.

Calidad del agua	Velocidad mínima
Con sedimentos finos	0.3 m/s
Con arena	0.5 m/s

d. Borde libre (bl)

(Practical Action, 2010)

Es el espacio entre la cota de la corona y la superficie del agua, no existe ninguna regla fija que se pueda aceptar para el cálculo del borde libre, debido a que las fluctuaciones de la superficie del agua en un canal, se puede originar por causas incontrolables.

Tabla 13. Borde libre para canales revestidos y sin revestir.
Fuente: Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídrico, diseño e instalación de Microcentrales Hidroeléctricas.

Caudal m ³ /seg	Revestido (cm)	Sin revestir (cm)
≤ 0.05	7.5	10.0
0.05 – 0.25	10.00	20.0
0.25 – 0.50	20.0	40.0
0.50 – 1.00	25.0	50.0

2.3.2.3 Revestimiento de canales por el método de las cerchas

(Practical Action, 2010)

Es un método práctico que permite una importante reducción de costos debido a la disminución del espesor de las paredes del canal a 5 cm o 7.5 cm, permitiendo un ahorro de materiales de casi el 50%, en el caso de cemento y agregados y un 80% en el caso de madera, también permite un ahorro en la mano de obra del 20%, da mayor flexibilidad en los tramos curvos del canal y elimina la tarea de desencofrado.

Este método consiste en colocar las cerchas cada 5 metros de forma alineada y considerando la pendiente del canal, luego se revisten las paredes y el fondo manteniendo el espesor. Estas cerchas luego son retiradas y los espacios que quedan se rellenan con material flexible (asfalto, corcho, etc.), comportándose como juntas de dilatación.

2.3.3 DESARENADOR

(Practical Action, 2010)

El agua captada del río a través de la bocatoma y conducida por el canal de conducción transporta pequeñas partículas de materia sólida en suspensión compuesta de materiales abrasivos (arena), que ocasionan el rápido desgaste de los álabes de la turbina y también el material de la turbería de presión por efecto de la fricción para eliminar este material se usan los desarenadores. En ellos la velocidad del agua es reducida con el objeto de que las partículas de arena o piedras se asientan en el fondo, de donde podrán ser removidas oportunamente. Es necesario

que el sedimento se asiente tanto al inicio del canal como en la entrada de agua a la cámara de carga .en resumen el desarenador cumple la funcion de sedimentar las particulas que lleva el agua en suspensión en el canal de conducción.

El desarenador debe cumplir con los siguientes requisitos :

- Deben tener una longitud y un ancho adecuados para que los sedimentos se depositen.
- Deben permitir una fácil eliminación de los depósitos.
- La eliminación de sedimentos a través de la compuerta debe hacerse cuidadosamente para evitar la erosión del suelo que rodea y soporta la base de la tubería.
- Se debe impedir la turbulencia del agua causada por cambios de área o recodos que harían que los sedimentos pasen hacia la tubería de presión.
- Tener capacidad suficiente para permitir la acumulación de sedimentos.

2.3.3.1 Diseño del Desarenador

a. Ancho y longitud del desarenador

La Longitud total del desarenador se divide en tres partes: Longitud de entrada (L_e), longitud de la decantación (L_d) y longitud de salida (L_s). La parte central es el área de decantación.

La profundidad del desarenador se divide en dos partes: decantación (d_d) y de recolección (d_r) el desarenador funciona correctamente solo si no se permite que la sedimentación que se va formando exceda el borde del área de la recolección , que se encuentra en el límite superior de la zona de recolección .

Ecuaciones para dimensiones del desarenador.

$$L_d = \frac{V_h}{V_d} \times d_d \times f$$

Ec. 47

$$Q_{md} = A \times V_h \quad \text{Ec. 48}$$

$$A = W \times d_d \quad \text{Ec. 49}$$

$$L_d = \left(\frac{Q_{md}}{W \times V_d} \right) \times f \quad \text{Ec. 50}$$

Donde:

- L_d = Longitud de decantación
- V_h =velocidad horizontal del agua
- V_d =velocidad de decantación.
- A =área de la sección transversal
- d_d =profundidad de decantación
- W =ancho del desarenador
- f =factor de seguridad

Consideraciones para el diseño:

$$0.20 \leq V_h \leq 0.40 \quad \text{Ec. 51}$$

$$2 \leq f \leq 3, \text{ para } 0.50 \leq d_d \leq 1 \quad \text{Ec. 52}$$

$$L_e = L_s = 1.5W \quad \text{Ec. 53}$$

Donde:

- L_e =longitud de entrada
- L_s =longitud de salida

Figura 11. Velocidad de decantación de partículas de arena.
 Fuente. Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídrico,
 diseño e instalación de Microcentrales Hidroeléctricas.

Tamaño de una partícula (mm)	Vd (m/sg)
0.1	0.01
0.3	0.03
0.5	0.05
1	0.1

2.3.4 CÁMARA DE CARGA

Es una estructura hidráulica de transición entre el canal de derivación y la tubería de presión. La cámara de carga cumple funciones de amortiguación para evitar sobre presiones en la conducción forzada.

En caso de mantenimiento o reparación de las turbinas, se desvía el flujo de agua a través de un vertedero de descarga lateral con capacidad para verter el caudal de entrada por el canal de conducción.

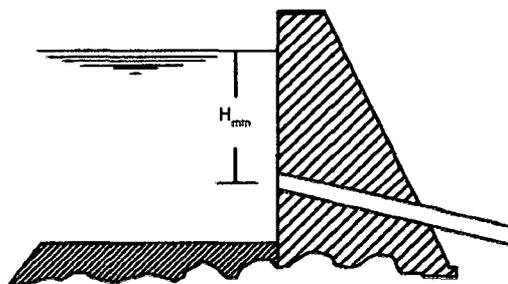
2.3.4.1 Altura mínima de ingreso a la tubería de presión

La altura mínima entre el eje de ingreso a la tubería y el nivel de agua en la cámara puede calcularse por medio de la siguiente ecuación:

$$H_{min} = C \times V \times \sqrt{D} \quad \text{Ec. 54}$$

- H_{min} = altura mínima de aguas sobre el eje de la tubería, m
- V = velocidad media en la tubería de presión/sg
- D = diámetro interno de la tubería
- C = constante que varía según algunos autores 0.3-0.4 ó 0.5-0.7

Figura 12. Altura mínima entre el eje de ingreso a la tubería y el nivel de agua en la cámara.
Fuente. Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídrico, diseño e instalación de Microcentrales Hidroeléctricas.

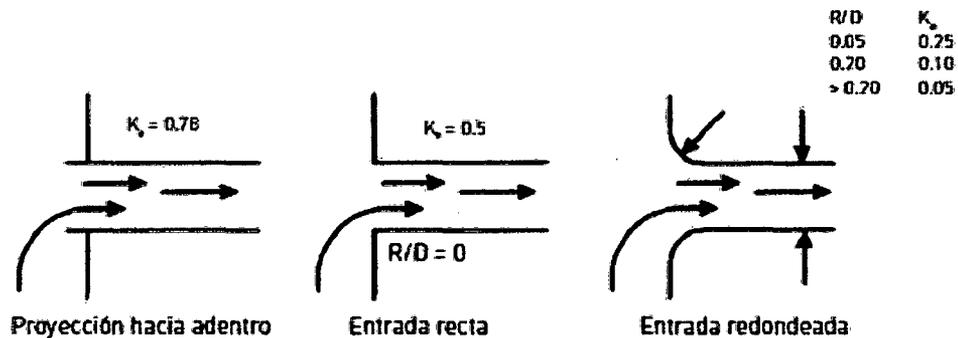


2.3.4.2 Cálculo de las pérdidas de carga por turbulencia.

La pérdida de carga real se encuentra aplicando la siguiente ecuación:

$$k_t = k_0 \times \frac{V^2}{2 \times g} \quad \text{Ec. 55}$$

Figura 13. Coeficiente de pérdidas de carga para diferentes disposiciones de entrada de la tubería.
 Fuente: Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídrico, diseño e instalación de Microcentrales



Donde:

- V =velocidad en la tubería de presión
- k =coeficiente de pérdida de carga para diferentes disposiciones de entrada la tubería.
- g =aceleración de la gravedad, en m/sg^2

2.3.4.3 Determinación de pérdida de carga en la rejilla (h)

Las rejas además de servir para impedir el ingreso de elementos extraños a la tubería, pueden destruir el momento angular del flujo y suprimir la formación de vórtices.

Los diseños típicos de rejas consisten en barras de acero de 1-12 plg, los espacios entre barras dependen del tipo de escombros que se presentan en el lugar.

La mayor parte de las estructuras de las rejas se calculan para proporcionar una velocidad de acercamiento máximo de entre 0.6 -1.5 m/s.

Ecuación usada para el cálculo de pérdidas de carga en la reja.

$$h_r = \phi \times \left(\frac{b}{s}\right)^{4/3} \times \frac{v^2}{2g} \times \text{sen} \alpha \quad \text{Ec. 56}$$

Donde:

- b = grueso del barrote
- s = separación entre barrotes
- v = velocidad de aproximación, su valor varía entre 0.3 y 0.6 m/seg
- ϕ = coeficiente que varía según la sección transversal del barrote.

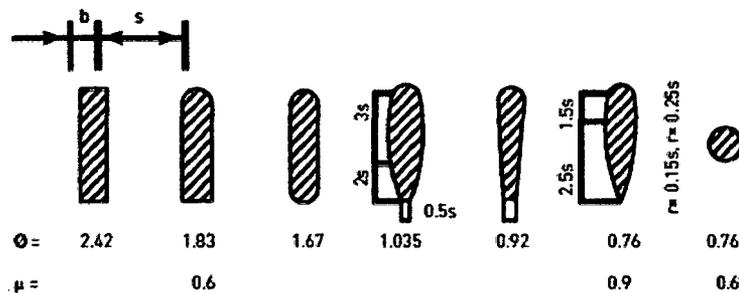
La presencia de la reja produce una contracción de la vena líquida, por lo que se reduce el caudal que la atraviesa, por lo tanto la sección S de la reja necesaria será.

$$S = \frac{Q}{\mu \times V} \quad \text{Ec. 57}$$

Donde:

- μ =coeficiente de contracción dependiendo de la forma de la barra.
- v =velocidad de aproximación, m/sg
- S =sección necesaria, m²
- Q =caudal necesario, m³/sg

Figura 14. coeficiente de contracción pendiente la forma de la barra. .
 Fuente: Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídrico, diseño e instalación de Microcentrales Hidroeléctricas.



2.3.5 TUBERÍA DE FUERZA Ó DE PRESIÓN

(ESHA, 2006)

Las tuberías de presión son las encargadas de transportar el agua a presión hasta la turbina. Transportan el caudal de agua desde la cámara de carga hasta la casa de máquinas.

Una tubería forzada se caracteriza por el material empleado en su construcción diámetro y espesor de pared, y el tipo de unión.

En la siguiente tabla se detallan algunas de las propiedades mecánicas de los materiales.

Tabla 14. Propiedades mecánicas de algunos materiales para tubería forzadas.
 Fuente: guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica-ESHA

Material	Módulo de Young	Coefficiente de expansión	Carga de tracción	n
	(N/m ²)x106	(mm/°C)X106	(N/m ²)x106	
Acero soldado	208	12	400	0.012
Polietileno PE	0.55	140	5	0.009
PVC	2.75	54	13	0.009
Metal corrugado	206		400	0.024
Fundición	78.5	10	140	0.015
Hierro dúctil	16.7	11	340	0.024

2.3.5.1 Selección del diámetro de la tubería de fuerza

(Sanz, 2008)

Para determinar el diámetro de la tubería limitamos las pérdidas de carga a un 5% de la altura bruta.

Para el cálculo del diámetro de la tubería D tenemos:

$$D = \left(\frac{10.3 \times n^2 \times Q^2 \times L}{h_f} \right)^{1.875} \quad \text{Ec. 58}$$

Si limitamos las perdidas hf al 4% de la potencia bruta, hf=0.04Hb, D viene dado por la siguiente ecuación.

$$D = 2.69 \left(\frac{n^2 \times Q^2 \times L}{Hb} \right)^{1.875} \quad \text{Ec. 59}$$

2.3.5.2 Calculo de la velocidad media

(Sanz, 2008)

Esta velocidad está dada por la siguiente ecuación:

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \quad \text{Ec. 60}$$

2.3.5.3 Cálculo de las pérdidas de carga

(Sanz, 2008)

Las pérdidas de carga en la tubería forzada se dan por fricción, turbulencia al paso por la rejilla, en la entrada de la tubería por el cambio de sección, en los codos, por expansiones, por contracciones y en las válvulas.

a) Pérdidas de carga por fricción

Utilizando la fórmula de Manning

$$h_f = 10.3 \frac{n^2 \times Q^2 \times L}{D^{5.333}} \quad \text{Ec. 61}$$

b) Pérdidas de carga singulares

- Pérdidas por estrechamiento brusco(k_e):

De donde se tiene que para $d/D \leq 0.76$ la pérdida es igual a:

$$K_p = 0.42 \times \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right) \quad \text{Ec. 62}$$

- Pérdidas por cambio de dirección(k_d)

En tramos con codos a partir de los promedios dados por Gibson y Weissba

Tabla 15. Pérdidas de carga en codos según Gibson y Weissba.
Fuente: Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica-ESHA

α	K_p
0	0
15	0.05
30	0.1
45	0.25
60	0.5
90	1.15
120	2
150	2.7
180	3

- Pérdidas en válvulas(k_v)

Su desplazamiento es vertical, y en posición totalmente abierta la válvula no afecta al flujo del agua en la tubería. Estas válvulas pueden ser circulares o rectangulares. Para cada una de ellas los coeficientes son distintos y es determinado por el grado de apertura de la compuerta a/d .

Tabla 16. Coeficiente de pérdida según el grado de apertura.
 Fuente: Energía hidroeléctrica

circular		rectangular	
a/D	kp	a/D	kp
1/8	90	1/10	90
2/8	17	2/10	45 *
3/8	7.6	4/10	8.1
4/8	2.1	6/10	2.1
5/8	0.8	8/10	0.4
6/8	0.26	10/10	0.02
7/8	0.07		
8/8	0.02		

Donde

a, es la distancia entre el extremo inferior de la compuerta y la base de la tubería y
 D es el diámetro de la tubería .

c) Espesor de pared de tubería de fuerza

Para calcular el espesor de pared de la tubería usaremos la siguiente expresión:

$$e = \frac{P_1 \times D}{2 \times \sigma_s \times k_f} + e_s \quad \text{Ec. 63}$$

Donde:

- e=espesor de la pared del tubo, mm
- P₁ = presión estática + sobrepresión
- D = diámetro del tubo, mm
- σ_s = resistencia a la tracción (1400KN/mm²)
- e_s= sobre espesor de la pared del tubo
- k_f=la eficiencia de la unión
- k_f=1.0, para tubos sin soldadura.
- k_f=0.9, para uniones soldadas y radiografías.
- k_f=1.0, para uniones soldadas y radiografías y con aliviado de tensiones.

Espesor mínimo recomendado por ASME, ya que la tubería debe tener la rigidez necesaria para poder manejarse en obra sin deformarse.

$$t = \frac{(D + 508)}{400} \quad \text{Ec. 64}$$

2.3.5.4 Golpe de ariete

(ANA, 2010)

Un cambio brusco de régimen en la tubería, afecta a una gran masa de agua y genera una onda de presión importante, conocida como golpe de ariete, que aun siendo transitoria, da lugar a sobrepresiones tan altas que revienten la tubería o a depresiones que la aplasten. Las sobrepresiones o depresiones producidas por el golpe de ariete llegan a alcanzar una magnitud, de un orden superior a la correspondiente a la altura del salto, y hay que tenerlas en cuenta para calcular el espesor de pared de la tubería.

a. velocidad de la onda de presión c

Para calcular esta velocidad utilizamos la siguiente ecuación

$$c = \sqrt{\frac{10^{-3} \times k}{\left(1 + \frac{k \times D}{E \times t}\right) \times \rho}} \quad \text{Ec. 65}$$

Donde:

- k=modulo e elasticidad del agua, 2.1×10^9 N/m²
- D=diámetro interior de la tubería, mm
- E=módulo de elasticidad de la tubería, N/m²
- t=espesor de la tubería, mm

b. tiempo crítico

Es el tiempo que tarda la onda de presión en efectuar el recorrido de ida y vuelta, desde la compuerta ubicada en la extremidad inferior de la tubería, a la cámara de presión, o tiempo crítico es.

$$T = \frac{2 \times L}{c} \quad \text{Ec. 66}$$

c. cálculo de la sobre presión

Si la válvula se cierra por completo antes de que el frente de la onda de presión llegue a ella en su camino de retorno (tiempo menor que el crítico T), toda la energía cinética del agua contenida en el tubo será convertida en sobrepresión, y su valor vendrá dado, en m de columna de agua, por

$$P = c \times \frac{\Delta_v}{g} \quad \text{Ec. 67}$$

Donde Δ_v es el cambio de velocidad.

d. cálculo de la supresión.

Si cualquier punto de la tubería quedase por debajo de la línea de gradiente hidráulico, la tubería podría romperse por vacío. En este caso la depresión de colapso viene dada por:

$$P_c = 882500 \times \left(\frac{e}{D}\right)^3 \quad \text{Ec. 68}$$

En la que e y D son, respectivamente, el espesor de pared y el diámetro del tubo en mm. La presión negativa se evita instalando un tubo de aeración cuyo diámetro en cm. Viene dado por la ecuación:

Para $P_c \leq 0.49 \text{kgN/mm}^2$

$$d = 7.47 \times \sqrt{\frac{Q}{\sqrt{P_c}}} \quad \text{Ec. 69}$$

Para otros casos:

$$d = 8.94 \times \sqrt{Q} \quad \text{Ec. 70}$$

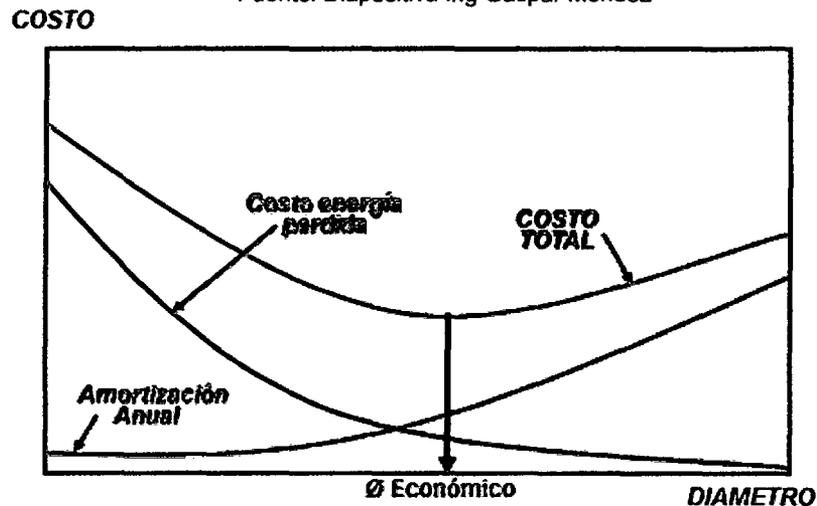
2.3.5.3 Cálculos del diámetro económico

(Cruz., 2008)

Es diámetro que produce menores perdidas de carga sin que su costo sea elevado. es decir.

Costo de la tubería, amortización+ el costo de la energía perdida = Costo total, este

Figura 15. Diámetro económico.
 Fuente. Diapositiva Ing Gaspar Méndez



a. Determinación del diámetro económico

Rango del diámetro

Diámetro mínimo:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V_{max}}} \quad \text{Ec. 71}$$

Diámetro máximo:

$$D_{máx} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V_{min}}} \quad \text{Ec. 72}$$

Donde

- $Q=0.098$, en m³/sg
- $V_{min}=2$ m/sg
- $V_{max}=5$ m/sg

Calculo de la sobrepresión (H_i)

Para esto se asume una sobrepresión (H_i) del 35% de la altura bruta.

Calculo del espesor (e)

$$e = \frac{P + \phi}{2 \times \sigma} + e_0 \quad \text{Ec. 73}$$

Donde

- P=presión estática, en kg/cm²
- Ø=diámetro del tubo, en m
- σ=1000 kg/cm², esfuerzo de trabajo del acero
- e₀=2mm para 30 años (sobre presión)

Calculo de la potencia perdida (P_p)

$$P_p = 6.5 \times Q \times h_f \times 8760 \times f_c \quad \text{Ec. 74}$$

Donde:

- P_f= perdida en la tubería por fricción
- T=8760 hrs/año(trabaja las 24 horas /día anual)

Para estos cálculos se asume un factor de carga de 0.5, durante la amortización del costo.

Calculo del costo de la energía perdida (C_{ep})

$$C_{ep} = P_p \times C_e \quad \text{Ec. 75}$$

C_e= 0.75, costo de 1kW/ hr , en nuevos soles

Calculo de la perdida de carga por fricción (h_f)

$$h_f = \frac{f \times L \times V^2}{2 \times g \times \phi} \quad \text{Ec. 76}$$

Donde

- f=del diagrama de Moody
- ε=0.000046, rugosidad absoluta del acero
- √=1.142x10⁶ m²/sg (viscosidad cinética)
- L=longitud de la tubería
- φ=diámetro de la tubería, en plg

- V=velocidad del tubo, en m/s

Calculo del peso de la tubería

$$G = \pi \times L \times \gamma \times \phi \times e \quad \text{Ec. 77}$$

Donde

- $\gamma=8Tn/m^3$

Amortización anual de la tubería (A_a)

$$A_a = \frac{Q \times r \times (1 + r)^n}{(1 + r)^n - 1} \quad \text{Ec. 78}$$

Donde

- C=15000, soles por tonelada
- n=5, número de años en lo que se paga la deuda
- r=0.224, interés anual en porcentaje

Verificación del diámetro obtenido

Para lo cual usamos las formula de Mannesman Rohren Werke:

$$\phi = \left(\frac{5.2 \times Q^3}{H} \right)^{1/7} \quad \text{Ec. 79}$$

2.3.5.4 Apoyos y bloques de anclaje

(Carrera, 2011)

a. Apoyos

Los apoyos se diseñan para resistir el peso de la tubería llena de agua, pero no los empujes longitudinales. La componente vertical (en kN) del peso soportado viene dado por.

Valor de F_1 y F_2

$$F_1 = (W_p + W_w) \times L \times \cos \alpha$$

Ec. 80

Donde:

- W_p =peso del metro de tubería, kN/m
- W_w =peso del agua por metro de tubería, kN/m
- L =longitud del tubo entre ejes de apoyos consecutivos.
- α =ángulo de la tubería con la horizontal

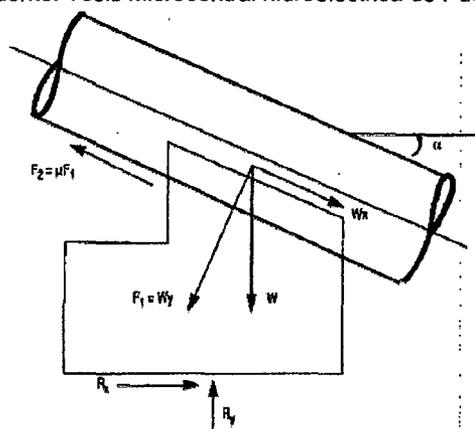
El vano L entre apoyos viene limitado por la flecha del tubo que no deberá exceder de $L/65.000$. Por lo tanto la longitud máxima entre apoyos viene dada por la ecuación:

$$L = 182.61 \times \sqrt{\frac{(D + 0.0147)^4 - D^4}{P}}$$

Ec. 81

Siendo D =diámetro interno de la tubería y P peso unitario de tubería llena de agua (kg/m)

Figura 16. Fuerzas que intervienen en los apoyos.
 Fuente: Tesis Microcentral hidroeléctrica de Pucará



Reemplazando en F_1 tenemos:

$$F_2 = \mu \times F_1$$

Ec. 82

Donde:

- μ = coeficiente de fricción entre el agua y el hormigón

La flecha máxima Δ_{max} se calcula mediante:

$$\Delta_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{G \times L^4}{E \times I} \quad \text{Ec. 83}$$

Donde:

- E = módulo de elasticidad del material de la tubería
- I = momento de inercia de la sección

Para el caso de vigas se conoce que:

$$\Delta_{\text{Adm}} = \frac{1}{360} \times L \quad \text{Ec. 84}$$

$$\Delta_{\max} > \Delta_{\text{adm}}$$

b. Anclajes

Los anclajes son bloques de hormigón que envuelven la tubería de presión con el propósito de fijarla al terreno. Por lo tanto, deben resistir cualquier fuerza que la tubería ejerza sobre ellos.

Generalmente, estos se ubican en aquellos lugares donde hay cambios de dirección o de pendiente, o donde existen cambios de sección. Las fuerzas que actúan sobre los anclajes son:

Componente del peso de la tubería con agua perpendicular a ella (F_1)

Esta fuerza es similar a la fuerza F_1 considerada para los apoyos. Para el cálculo del anclaje, deben considerarse los dos tramos de tubería: el que está aguas arriba y el que está aguas abajo del anclaje.

Fuerza de fricción entre la tubería y los apoyos (F_2)

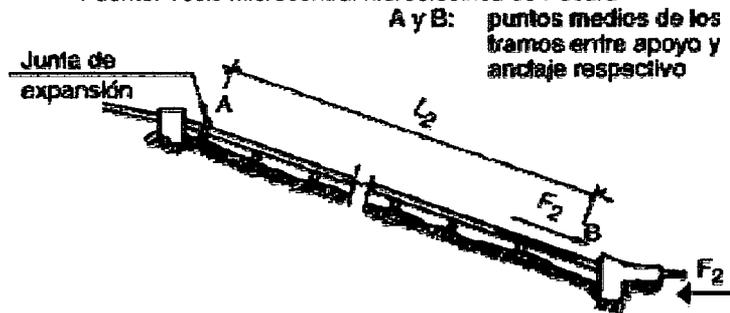
$$F_2 = \mu(G_t + G_w) \times L_2 \times \cos \alpha \quad \text{Ec. 85}$$

Donde:

- A y B = puntos medios de los tramos entre apoyo y anclaje respectivo.
- L_2 = longitud de tubería sujeta a movimiento
- μ = coeficiente de fricción entre tubo y hormigón

- α = ángulo de inclinación de la tubería aguas arriba del anclaje

Figura 17. Fuerzas de fricción en los apoyos
 Fuente: Tesis Microcentral hidroeléctrica de Pucará



Fuerza en los cambios de dirección debido a la presión hidrostática (F3)

$$F_3 = 1.6 \times 10^3 \times H \times D^2 \times \text{sen}(\alpha - \beta) / 2 \quad \text{Ec. 86}$$

Donde:

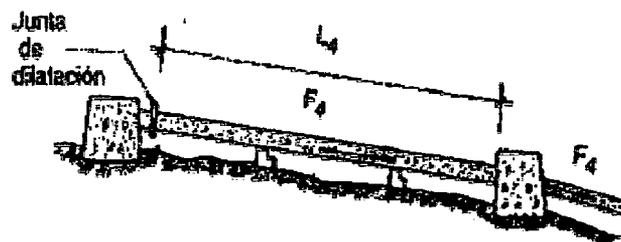
- H = presión estática en la tubería a la altura del anclaje en m.
- D = diámetro interno de la tubería.
- α = ángulo de inclinación de la tubería aguas arriba del anclaje
- β = ángulo de inclinación de la tubería aguas abajo del anclaje

Componente del peso de la tubería paralela a ella (F4)

El tramo de tubería aguas arriba del anclaje tratará de empujar a éste, mientras que el tramo aguas abajo del anclaje tratará de jalarlo en la dirección de la pendiente.

$$F_4 = Gt \times L_4 \times \text{sen} \alpha \quad \text{Ec. 87}$$

Figura 18. Componente del peso de la tubería paralela
 Fuente: Tesis Microcentral hidroeléctrica de Pucará



Donde:

- L4=es la longitud entre la junta de dilatación y el anclaje
- α = ángulo de inclinación de la tubería

Fuerza debida a cambios de temperatura en la tubería (F5)

Esta fuerza se origina cuando la tubería no tiene juntas de dilatación y cuando esta se encuentra en la superficie.

$$F_5 = 31 \times D \times t \times E \times \alpha \times \Delta t \quad \text{Ec. 88}$$

Fuerza de fricción en la junta de dilatación (F6)

Esta fuerza se origina entre la empaquetadora y las partes de la junta de dilatación, cuando se contrae o se dilata la tubería.

$$F_6 = 31 \times D \times C \quad \text{Ec. 89}$$

- D = diámetro interior de la tubería
- C = coeficiente de fricción

Fuerza debida a la presión hidrostática dentro de las juntas de expansión (F7)

Esta fuerza es debido a la presión hidrostática que trata de separar en dos la junta de dilatación

$$F_7 = 31 \times D \times H \times t \quad \text{Ec. 90}$$

Donde:

- H=presión estática en la tubería a la altura del anclaje.
- D = diámetro interior de la tubería.
- t = espesor de la pared de la tubería.

Fuerza debida al cambio de dirección de la cantidad de movimiento (F8)

En los codos o cambios de pendiente, la velocidad del agua cambia de dirección. Ello ocasiona una fuerza resultante sobre el codo, la cual tiene la misma dirección y sentido que:

$$F_8 = 250 \times \left(\frac{Q}{D} \right)^2 \times \frac{\text{sen}(\beta - \alpha)}{2} \quad \text{Ec. 91}$$

Fuerza debida al cambio de diámetro en la tubería cuando hay reducción (F9)

Esta fuerza actúa en el sentido de la reducción, es decir, hacia la tubería de menor diámetro.

$$F_9 = 1 \times 10^3 \times H \times \Delta A \quad \text{Ec. 92}$$

Donde:

- H = presión estática de la tubería a la altura de la reducción en m.
- ΔA = cambio del área de las tuberías en m²

2.3.6 CASA DE MÁQUINAS Ó DE FUERZA

(R., 1981)

Es la infraestructura donde está ubicado el equipo electromecánico, con la finalidad de asegurar su protección y correcto funcionamiento.

Turbina

Incluye el cono de entrada y válvula de accionamiento y chorro de salida. Todo el equipo viene preinstalado y basta ponerlo sobre una simple base fija y anclarlo al suelo.

Generador

Que recibe la potencia a través de una transmisión de fajas en "V" y debe montarse sobre una base deslizante.

Tablero de control

Está colgado en la pared o viene montado en el generador.

2.3.7 EQUIPAMIENTO HIDRÁULICO:

(Castro, 2006)

Está conformado por la turbina y el generador, convirtiendo la energía hidráulica en mecánica a través de las turbinas y la energía mecánica en eléctrica por medio del generador, produciéndose energía eléctrica de baja tensión (220 voltios) la cual es conducida al lugar de consumo por medio de una línea de transmisión monofásica o trifásica. La casa de máquinas debe alojar lo siguiente:

2.3.7.1 Clasificación de las turbinas hidráulicas:

a. Turbinas de acción

Son aquellas en las que para impulsar el rodete solo se aprovecha la velocidad del fluido, por lo que previamente se debe transformar toda la energía de presión del flujo en energía cinética.

- Turbinas Pelton.
- Turbinas Banki-Michel
- Turbinas Turbo

b. Turbinas de reacción

Además de aprovechar la energía cinética del fluido, absorben en el rodete la energía de presión del mismo

- Turbinas Francis
- Turbinas Kaplan
- Turbinas Deriaz

2.3.7.2 Selección de las turbinas

La selección de un tipo de turbina para un determinado aprovechamiento viene condicionado por diversos aspectos, tales como:

- a) Altura y caudal
- b) Velocidad de giro (velocidad específica)
- c) Altura de aspiración.
- d) Rendimiento.
- e) Velocidad de embalsamiento.

2.4 ESTUDIO HIDROLÓGICO

(Villón, 2005)

2.4.1 HIDROLOGÍA

Es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades físicas químicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos.

Importancia.- Determina si el volumen aportado por cierta corriente es suficiente para satisfacer la demanda del proyecto de generación eléctrica.

2.4.2 CUENCA HIDROGRÁFICA

Es el área de terreno donde todas las agua caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de su recorrido.

Delimitación de la cuenca.

La delimitación de una cuenca, se hace sobre un plano o mapa a curvas de nivel siguiendo las líneas del divortium acuarum (parte aguas), la cual es una línea imaginaria, que divide las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación, que en cada sistema de corriente fluye hacia el punto de salida de la cuenca.

El parte aguas está formado por los puntos de mayor nivel topográfico debe cortar ortogonalmente a las curvas de nivel pero no debe cortar ninguno de los causes de la red de drenaje, llamado estación de aforo.

Parámetros de la cuenca.

a. Área de la cuenca (A):

Es la superficie delimitada por su contorno.

b. Perímetro de la cuenca (P):

Es la longitud del contorno del área de la cuenca.

c. Altitud media (Hm):

Es la ordenada media de la curva hipsométrica. En ella el 50% del área de la cuenca, está situada por encima de esa altitud y el 50% está situado por debajo de ella.

d. Tiempo de Concentración (Tc):

Llamado también tiempo de equilibrio o tiempo de viaje, es el tiempo que toma la partícula hidráulicamente más lejana en viajar hasta el punto emisor.

$$T_c = C * \left(\frac{\sum Li}{S^{0.25}} \right)^{0.76} * 60 \quad 0.3 \leq C \leq 0.4 \quad \text{Ec. 93}$$

Donde:

- T_c = Tiempo de concentración en minutos.
- L = Longitud de máximo recorrido del agua, en Km
- S = Pendiente del máximo recorrido.
- C = Coeficiente que depende de la pendiente de la cuenca.

Coeficiente de escorrentía (C).

Es la relación entre el agua que corre por la superficie del terreno y la total.

$$C = \frac{E_s}{P} \quad \text{Ec. 94}$$

Donde:

- C = coeficiente de escorrentía
- E_s = escorrentía superficial provocada por el aguacero
- P = precipitación caída

Para estimar el valor del coeficiente de escorrentía se podrá usar la siguiente tabla 17

(Chow, 2004)

Tabla 17. Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional
Fuente: Hidráulica de canales abiertos Ven Te Chow.

Características de la superficie	Periodo de retorno (años)								
	2	5	10	20	25	30	50	100	500
Área de cultivo									
Plano, 0 - 2%	0.31	0.34	0.36	0.39	0.40	0.41	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2 - 7%	0.35	0.38	0.41	0.43	0.44	0.45	0.48	0.51	0.60
Pendiente superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.47	0.48	0.49	0.51	0.54	0.61
Pastizales									
Plano, 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.33	0.34	0.35	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.41	0.42	0.43	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.45	0.46	0.47	0.49	0.53	0.60
Bosques									
Plano, 0 - 2%	0.22	0.25	0.28	0.30	0.31	0.32	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2 - 7%	0.31	0.34	0.36	0.39	0.40	0.41	0.43	0.47	0.56
Pendiente superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.44	0.45	0.46	0.48	0.52	0.58

2.4.3 CAUDALES MINIMOS

2.4.3.1 Determinar época de estiaje

Para determinar la época de estiaje usamos los datos de precipitaciones de la estación Weberbauer que nos ayudara a identificar caudales en los meses en que las lluvias son escasas y por lo tanto los caudales en el rio son los menores de toda la época del año.

ESTACIÓN: AUGUSTO WEBERBAUER- CAJAMARCA

Longitud: 78° 29' 35"W

Dep: Cajamarca

Latitud: 7° 10' 03" Sur

Prov: Cajamarca

Altitud: 2536 m.s.n.m

Dist. Cajamarca

Año 1999

Año 2000

Mes	Día	Prec.max. diaria	Total mensual
Enero	25	15.9	94.8
Febrero	13	38.8	242.7
Marzo	15	13.5	69.5
Abril	6	10.4	64.4
Mayo	5	13.9	53.7
Junio	23	9.8	22.8

Mes	Día	Prec.max. diaria	Total mensual
Enero	31	17.3	46
Febrero	28	36.1	140.2
Marzo	7	18.6	126.3
Abril	24	19.7	77.3
Mayo	4	14.4	40.5
Junio	21	5.3	15.6

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela académico profesional de ingeniería civil
"MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUPILOMA-CHAUPIRUME"

Julio	6	11.6	22.1
Agosto	25	0.5	1.2
Setiembre	21	21.9	81.4
Octubre	2	14.3	21.7
Noviembre	18	18.6	77
Diciembre	20	13.1	68.8

Julio	9	1.8	21
Agosto	3	5	87
Setiembre	26	10.9	56
Octubre	7	3.3	9.9
Noviembre	30	17.9	44.5
Diciembre	7	20.4	122.3

Año 2001

Mes	Día	Prec.max. diaria	Total mensual
Enero	18	27.6	191.2
Febrero	26	17.7	100.8
Marzo	10	28.2	230.2
Abril	2	14.3	57.2
Mayo	9	4.6	48.1
Junio	2	1	2.3
Julio	10	6.9	13.9
Agosto	0	0	0
Setiembre	17	5.7	34.4
Octubre	30	14.7	46.2
Noviembre	14	20.3	93.4
Diciembre	24	15.9	90.9

Año 2002

Mes	Día	Prec.max. diaria	Total mensual
Enero	18	8.2	27
Febrero	2	10.8	60.8
Marzo	4	15.7	133.1
Abril	7	18.2	77.2
Mayo	23	12.7	23
Junio	10	5.4	8.8
Julio	5	4.7	10.7
Agosto	26	3.4	3.4
Setiembre	30	7.7	14.6
Octubre	22	22.3	90.3
Noviembre	27	0.5	99.9
Diciembre	26	9.4	86.1

Año 2003

Mes	Día	Prec.max. diaria	Total mensual
Enero	3	18.7	51.1
Febrero	7	18.4	61.4
Marzo	13	18	103.6
Abril	12	8.8	42.1
Mayo	6	6.7	30.7
Junio	20	7	22.3
Julio	6	1.6	1.8
Agosto	23	6.1	10.6
Setiembre	22	8.9	14.8
Octubre	21	19.2	46
Noviembre	16	13.5	63.8
Diciembre	26	20.8	80.7

Año 2004

Mes	Día	Prec.max. diaria	Total mensual
Enero	7	11.9	36.1
Febrero	24	21.5	102
Marzo	5	10.5	56.9
Abril	2	12.4	44.5
Mayo	6	6.5	42.4
Junio	9	0.9	2.1
Julio	14	6	29.4
Agosto	25	10.2	19
Setiembre	7	3.8	63.4
Octubre	23	9.5	92.6
Noviembre	7	28.1	123.7
Diciembre	11	22.7	123.7

Año 2005

Mes	Día	Prec.max. diaria	Total mensual
Enero	4	20.2	84.9
Febrero	8	10	119.3
Marzo	3	19.7	136.6
Abril	5	10.8	54
Mayo	17	3.6	7.2
Junio	23	3.5	45
Julio	20	0.3	0.6
Agosto	23	3.5	3.5
Setiembre	30	14.3	31.2
Octubre	20	9.3	92.3
Noviembre	11	11.6	30
Diciembre	25	15.3	87.5

Año 2006

Mes	Día	Prec.max. diaria	Total mensual
Enero	14	15.2	83.2
Febrero	10	13.5	101.6
Marzo	10	18.8	199.3
Abril	4	17	77.6
Mayo	7	2.2	7.7
Junio	4	6.2	23.9
Julio	25	1.6	1.8
Agosto	30	5.4	6.1
Setiembre	17	10.2	33.6
Octubre	22	4	12.7
Noviembre	11	20.6	60.4
Diciembre	27	12.3	81.7

Año 2007

Mes	Día	Prec.max. diaria	Total mensual
Enero	14	15.6	83.2
Febrero	10	6.8	101.6
Marzo	10	25.4	199.3
Abril	4	21	77.6
Mayo	7	5.2	7.7
Junio	4	1.4	23.9
Julio	25	3	1.8
Agosto	30	4	6.1
Setiembre	17	10.2	33.6
Octubre	22	19	12.7
Noviembre	11	15.7	60.4
Diciembre	27	16.7	81.7

Año 2008

Mes	Día	Prec.max. diaria	Total mensual
Enero	21	20.2	80.2
Febrero	9	17.1	133.3
Marzo	4	23.6	118.4
Abril	8	27	99.1
Mayo	1	7.4	22.7
Junio	12	6	15.4
Julio	8	1.3	2.3
Agosto	29	4.8	11.7
Setiembre	21	11.6	34.7
Octubre	18	10.8	96.5
Noviembre	26	19.7	72.2
Diciembre	31	9.9	34.4

Año 2009

Año 2010

Mes	Día	Prec.max. diaria	Total mensual
Enero	18	18.3	180.7
Febrero	6	16.4	74.6
Marzo	24	20.5	110.5
Abril	7	14.2	78.8
Mayo	1	18.2	72.2
Junio	24	9.1	17.9
Julio	20	5.3	12.3
Agosto	4	0.9	3.9
Setiembre	21	5.2	11.8
Octubre	16	18.1	78.5
Noviembre	18	22.2	109.4
Diciembre	1	12.6	74.2

Mes	Día	Prec.max. diaria	Total mensual
Enero	9	14.6	49.5
Febrero	6	36.4	112.9
Marzo	31	34	154
Abril	26	21.6	88.4
Mayo	1	12.6	31.6
Junio	18	2.8	8.6
Julio	17	2.2	2.6
Agosto	12	1.3	1.3
Setiembre	30	7.7	14.6
Octubre	22	22.3	90.3
Noviembre	27	0.5	99.9
Diciembre	26	9.4	86.1

2.4.3.2 Aforo del rio

(Villón, 2005)

Método del flotador

Este método consiste en medir, por una parte, el tiempo que tarda un flotador de madera en recorrer una determinada distancia del cauce y obtener, por otra, la sección media de dicho cauce.

Para ello el trozo de madera debe quedar parcialmente sumergido. Así mismo interesa que la sección del cauce en el tramo medio sea lo más uniforme posible. Utilizamos la siguiente ecuación

$$Q = 0.75 \times A \times v \quad \text{Ec. 95}$$

Donde

- Q= caudal aforado, en m³/sg
- A=área promedio de la sección ,en m²
- v=velocidad promedio del flotador, en m/sg

La ecuación lleva un coeficiente de corrección de 0.75 debido a que la velocidad del agua en las orillas y en el fondo es menor que en el centro del cauce.

2.4.4 TÉCNICAS DE CÁLCULO INDIRECTO DE DESCARGAS MÁXIMAS

La paliación exitosa de los diferentes métodos dependerá del tamaño de la cuenca, así como de sus características fisiográficas, tipos, usos y cobertura del suelo, así como del grado de humedad existente

a) Síntesis de la información

Una muestra hidrológica puede sintetizarse en mediante descriptores muestrales gráficos y numéricos.

b) Descriptores Numéricos

Estos descriptores, conocidos a veces simplemente como estadísticos, permiten inferir características de una población hidrológica partiendo de una muestra representativa. Estos descriptores son:

c) Descriptores de tendencia central

Media maestra (\bar{X}).- es un valor típico lo suficientemente representativo de un conjunto de datos, en nuestro caso corresponden a una muestra hidrológica.

La media muestral es representativa cuando las variaciones a su alrededor son pequeñas o despreciables, de lo contrario por sí sola tiene poca significación práctica y no pueden ser usados en proyectos de ingeniería hidráulica.

Se define como el promedio de los datos observados:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n i}{n} \quad \text{Ec. 96}$$

Donde:

- \bar{X} =media muestral
- X_i =dato observado
- n =longitud de la muestral

d) Descriptores de dispersión

d.1 Varianza muestral (S^2)

Es el promedio de las desviaciones medias cuadráticas, este estadístico tiene mucha significación practica en vista que su interpretación física es similar al de momento de inercia o de segundo orden.

$$S^2 = \frac{\sum_i^n (X_{i=1} - X)^2}{n} \quad \text{Ec. 97}$$

d.2 Desviación estándar (S)

Se define como la raíz cuadrada positiva de la varianza.

$$S = (S^2)^{1/2} \quad \text{Ec. 98}$$

Tanto la varianza como la desviación estándar son dependientes de la geometría de la distribución, más no así del tamaño de la muestra, pues la adición de una constante a todos los valores de observados alteraría la media, mas no así a los descriptores de dispersión.

En vista de que la desviación estándar tiene las mismas dimensiones y unidades que los datos observados, después de la media, este estadístico proporciona mayor información al investigador que cualquier otro número que se pueda deducir de la muestra hidrológica.

e) Análisis de semejanza dinámica

El enlace o relación entre una cuenca y otra, se obtiene mediante un el Análisis de Semejanza dinámica, haciendo participar a los siguientes parámetros.

- A=área de la cuenca
- TC=tiempo de concentración
- Q=caudal máximo

La ecuación de transferencia de caudales viene dada por:

$$Q_e = \left[\frac{(A_{ch})^{3/2} \times T_{Cch}}{(A_e)^{3/2} \times T_{Ce}} \right] \times Q_{ch} \quad \text{Ec. 99}$$

Donde:

- A_{ch} =área de la cuenca del rio Chotano, m^2
- T_{Cch} =tiempo de concentración de la cuenca del rio Chotano, en m.

- Q_{Ch} =caudal máximo de la cuenca del río Chotano en todos los años registrados, en m^3/sg
- A_e =área de la cuenca del río en estudio, m^2
- T_{ce} =tiempo de concentración de la cuenca en estudio, en m.
- Q_e =caudal máximo de la cuenca en estudio, en todos los años registrados, en m^3/sg

f) Gasto de diseño para diversas obras de ingeniería

El análisis de máximas eventos hidrológicos tiene su importancia porque permite predecir el comportamiento de descargas límite para el dimensionamiento de las estructuras. Además más de ser útil para fijar los gastos de diseño, tiene vital importancia en la atenuación de daños por inundaciones.

La elección del gasto de diseño tiene relación con el periodo de retorno, el que a su vez depende de la vida útil de la estructura.

Riesgo de falla (J)

Representa el peligro a la probabilidad de que el gasto considerado para el diseño sea superado por otro evento de magnitudes mayores.

$$J = 1 - p^N \quad \text{Ec. 100}$$

Donde

- P =probabilidad acumulada de que no ocurra tal evento.
- J =probabilidad de que si ocurra dicho evento en N años consecutivos de vida.

Tiempo o periodo de retorno (T_r)

Es el tiempo transcurrido para que un evento de magnitud dada se repita

Probabilidad de que no ocurra.

$$T_r = \frac{1}{1 - p} \quad \text{Ec. 101}$$

Probabilidad de que si ocurra

$$T_r = 1 - \frac{1}{[1 - (1 - J)^{(1/N)}]} \quad \text{Ec. 102}$$

Vida útil

Es un concepto económico en relación con las depreciaciones y costos de la estructura. La vida física de la estructura puede ser mayor y en algunos casos es conveniente que se la máxima posible para no provocar conflictos de aprovechamiento hídrico en generaciones futuras.

Tabla 18. Vida útil para diferentes estructuras hidráulicas.
 Fuente:¹ INAA. Normas Técnicas

Tipos de componentes	Periodos de diseño en años
Fuentes superficiales sin regulación	20-30
Fuentes superficiales con regulación	20-30
Fuentes subterráneas	20-30
Perforaciones de pozos	10-15
Excavación de pozos	10
Obras de captación: diques tomas	15-30
Obras de captación: diques represas	30-50
Desarenador	20
Filtro lento	20
Estaciones de bombeo: bombas y motores	10-15
Estaciones de bombeo: instalaciones	20-25
Líneas de conducción	20-40
Plantas de tratamientos	Por etapas de 10-15
Tanques de almacenamiento: de concreto	30-40
Tanques de almacenamiento: metálicos	20-30
Red de distribución	20

g) Modelamiento matemático

Tratándose de series anuales la práctica ha demostrado que la distribución del Valor Extremo de Gumbel da buenos resultados cuando la calidad y la cantidad de información son buenas.

¹ INAA, 2001, Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (NTON 09003-99), pág. 25

1). Simulación y pruebas de bondad de ajuste

Estas pruebas tienen por finalidad verificar que la variable aleatoria se distribuya según una cierta función de probabilidades, para lo cual utilizaremos la prueba de SMIRNOV-KOLMOGOROV

Procedimiento

1. Ordenar los datos de mayor a menor
2. asignar una probabilidad empírica a cada dato .la probabilidad empírica más usada es la de WEIBULL

$$P(X) = \frac{n}{N + 1} \quad \text{Ec. 103}$$

Donde

- $P(X)$ = probabilidad que tiene el valor X d ser alcanzado o superado , cuando la serie ha sido ordenada de forma descendente.
- $m=N^\circ$ de orden asignando a cada valor de la secuencia ordenada
- $m=1,2,3\dots N$
- N =tamaño muestral de los datos ordenados.

3. Obtener la desviación máxima entre la probabilidad de distribución empírica o experimental de los datos observados $P_0(X)$ y la función de distribución de probabilidad teórica o ajuste $F(X)$.

$$P(X) = [e^{-e}]^{\alpha \times (x-\beta)} \quad \text{Ec. 104}$$

Donde

- $e=2.7271$,cte de NEPER

Según la ecuación

$$\Delta = \text{máx} |P_0(X) - F(X)| \quad \text{Ec. 105}$$

Donde

- Δ =estadística de SMIRNOV-KOLMOGOROV
- $P0(X)=1-P(X)$
- $F(X)$ =probabilidad de la distribución de ajuste

4. Obtener el valor crítico del el estadístico Δ_0 , el mismo qu se encuentra tabulado para diferentes niveles de significación y tamaño de la muestra .puede verse en la tabla siguiente:

Tabla 19.Valores críticos de Δ_0 para la prueba de SMIRNOV-KOLMOGOROV para juste de bondad.
 Fuente. Tesis "Estudio de fallas en estructuras de alta montaña (caso bocatoma Tres Molinos)"

Tamaño de la muestra	$\alpha=0.10$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.3	0.34	0.4
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
40	0.19	0.21	0.25
N grande	$1.22/\sqrt{N}$	$1.36/\sqrt{N}$	$1.63/\sqrt{N}$

5. Se toman los criterios de decisión siguiente

- Si $\Delta < \Delta_0$ se acepta la hipótesis planteada (HP) en vista de que el ajuste es bueno para el nivel de significación seleccionado.
- Si $\Delta > \Delta_0$ se rechaza la hipótesis planteada (HP) para el nivel de significación seleccionado y se prueba con otra distribución teórica.

h) Nivel de significación

En proyectos de ingeniería, los errores de hasta 5% son aceptables Pero en general, mientras mayor sea la exigencia del proyecto en cuanto a confiabilidad, menor debe ser el nivel de significación. De error (α), esto es:

- Nivel de confianza (%)= $(1-\alpha) \times 100$
- Frecuentemente en ingeniería hidráulica es suficiente usar un valor de máximo de $\alpha=0.05(5\%)$ o lo que es lo mismo un nivel de confianza $(1-0.05) \times 100=95\%$

i) Valor extremo de la distribución de Gumbel (EVI)

Se expresa matemáticamente con:

$$P(X \leq x) = \exp(-\exp(-\alpha \times (x - \beta))) \quad \text{Ec. 106}$$

Donde:

$P(X \leq x)$ = Probabilidad de que no ocurrirán valores x mayores que X .

El modelo de EVI permite, con mucha eficiencia, estimar las máximas descargas de diseño en relación al periodo de retorno, vida útil de las estructuras y riesgo de falla, todo lo cual constituye un problema muy frecuente en la práctica de la ingeniería hidráulica.

A. Ecuación de predicción

$$X = \beta - 1/\alpha \ln \times [-\ln \times (1 - T_r^{-1})] \quad \text{Ec. 107}$$

La aplicación simultanea de Ec 102 y Ec 107, pero omite los eventos máximos para riesgo de falla J y periodo de vida útil adoptados.

Los parámetros α y β del modelo se estiman a partir de la muestra hidrológica, ya sea utilizando el método de máxima velocidad o el método de los momentos:

Para muestras muy grandes

$$\alpha = \delta/S \quad \text{Ec. 108}$$

$$\beta = X - \mu_y/S \quad \text{Ec. 109}$$

Para muestras muy relativamente pequeñas

$$\alpha = 1.2825/S \quad \text{Ec. 110}$$

$$\beta = X - 0.45 \times S \quad \text{Ec. 111}$$

Donde:

- X =media muestral
- S =desviación estándar

.Tabla 20. Valores para μ_y y δ_y de según el tamaño de la muestra N .
 Fuente. Tesis "Estudio de fallas en estructuras de alta montaña (caso bocatomas Tres Molinos)"

n° datos	σ_y	μ_y
10	0.4952	0.9496
15	0.5128	1.0206
20	0.5236	1.0628
25	0.5309	1.0914
30	0.5362	1.1124
35	0.5403	1.1285
40	0.5436	1.1413
45	0.5463	1.1518
50	0.5485	1.1607
55	0.5504	1.1682
60	0.5521	1.1747
65	0.5535	1.1803
70	0.5548	1.1854
75	0.5559	1.1898
80	0.5569	1.1938
85	0.5578	1.1974
90	0.5586	1.2007
95	0.5593	1.2037
100	0.5600	1.2065

2.5 SUELOS

(Das, 1985)

El suelo se define como el agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta, junto con el líquido y gas que ocupan los espacios vacíos entre las partículas sólidas. el suelo se usa como material de construcción y sirve para soportar las cimentaciones estructurales por lo que se deben estudiar sus propiedades tales como, granulometría, capacidad de drenaje, resistencia, capacidad de carga, etc.

Tamaño de las partículas de suelos

Los suelos en general son llamados arena, grava, limo o arcilla, dependiendo del tamaño predominante de las partículas, en la actualidad el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) es el más aceptado

Gravas.-son fragmentos de rocas ocasionalmente con partículas de cuarzo, feldespatos y otros minerales. Son suelos retenidos por la malla N° 4.

Arena.- están formadas principalmente de cuarzo y feldespatos aunque también están presentes, a veces, otros granos de minerales. Son suelos que pasan la malla N° 4.

Limos.- son fragmentos microscópicos de suelo que consiste en granos muy finos de cuarzo y algunas partículas en forma de escamas (hojuelas) que son fragmentos de minerales micáceos

Arcillas.-son principalmente partículas submicroscópicas en formas de escamas de mica, minerales arcillosas y otros minerales.

Suelos orgánicos.-Son aquellos que contienen raíces, carbón, guano u otras materiales de origen orgánico y son suelos de mala calidad para la construcción, deben ser retirados en su totalidad.

2.5.1 ANÁLISIS DE MECÁNICA DE SUELOS

Es la determinación del rango de las partículas presente en un suelo, expresado como un porcentaje del peso (o masa) seco, para lo cual usaremos el método del análisis por cribado para tamaños de partículas mayores a 0.075 mm de diámetro.

a. análisis por cribado

Consiste en sacudir la muestra de suelo a través de un conjunto de mallas que tienen aberturas progresivamente más pequeñas, luego se mide la masa retenida en cada uno de los tamices. Con este resultado puede calcularse el porcentaje de masa de la muestra que pasa a través de cada tamiz para representarlo en función de la abertura correspondiente.

Tabla 21. Rango de tamices utilizado comúnmente para el análisis de tamaño de las partículas.
 Fuente: mecánica de suelos – peter l. berry. david reid

Normas británicas (BS) (Tamaños de la abertura)	Normas ASTM	
	Designación	Tamaño de la abertura
75 mm	3 plg	75 mm
63mm	2plg	50mm
50mm	1 1/2 plg	37.5mm
37.5mm	1 plg	25mm
28mm	3/4 plg	19mm
20mm	3/8 plg	9.5mm
14mm	N° 4	4.75mm
10mm	N° 8	2.36mm
6.3mm	N° 10	2mm
5mm	N° 16	1.18mm
3.35mm	N° 20	850µm
2mm	N° 30	600µm
1.18mm	N° 40	425µm
600 µm	N° 50	300µm
425 µm	N° 60	250µm
300 µm	N° 100	150µm
212 µm	N° 140	106µm
150 µm	N° 200	75µm
63 µm		

Procedimiento del análisis por cribado

(Llique, 2003)

a. Material:

Muestra seca aproximada de 500gr si el suelo es arenoso y de 1000 gr si el suelo es gravoso.

b. Equipo:

- Juego de tamices 3", 2", 1", 1/2", 1/4", N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°100, N°200, con tapa y base.
- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Tamizador.

c. Cribado

- Pesar la muestra (W_s), secada al horno.
- Pasar la muestra por el juego de tamices, agitando en forma manual o mediante tamizador.
- Pesar el material retenido en cada tamiz y en la base (PRP- peso retenido parcial).
- Sumar todos los pesos retenidos parciales $\sum PRP$, determinar la siguiente diferencia ($W_s - \sum PRP$), si el resultado es menor del 3% del (W_s) el error es aceptable y se corregirá tal error repartiendo a todos los PRP, de lo contrario se repetirá el ensayo.
- Determinar los porcentajes de los pesos retenidos en cada tamiz (%RP), mediante la siguiente expresión :

$$RP\% = \frac{PRP}{W_s} * 100$$

- Determinar los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz (% RA), para lo cual se sumarán en forma progresiva los %RP, es decir:

$$\%RA1 = \%RP1$$

$$\%RA2 = \%RP1 + \%RP2$$

- Determinar los porcentajes acumulados que pasan en cada tamiz.

$$\% \text{ que pasa} = 100\% - \% RA$$

- Dibujar la curva granulométrica en escala semilogarítmica, en el eje de abscisas en escala logarítmica se registrará la abertura de los tamices en milímetros, y en el eje de ordenadas en escala natural se registrará los porcentajes aculados que pasan de los tamices que se utilizan.
- Determinar los coeficientes de uniformidad y de curvatura

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$Cz = \frac{D^2_{30}}{D_{10} * D_{60}} * 100$$

- D_{10} = diámetro correspondiente al 10% de finos en la curva de distribución

granulométrica.

- D60= diámetro correspondiente al 60% de finos en la curva de distribución granulométrica.
- D30= diámetro correspondiente al 30% de finos en la curva de distribución granulométrica.

2.5.2 RELACIONES VOLUMETRICAS Y GRAVIMETRICAS

2.5.2.1 Contenido de humedad

Es el contenido de agua y define como la relación del peso de agua entre el peso de sólidos en un volumen dado de suelo. Se expresa en porcentaje.

$$W\% = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad \text{Ec. 112}$$

2.5.2.2 Peso específico

Es el peso del suelo por volumen unitario.

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad \text{Ec. 113}$$

Procedimiento del ensayo del contenido de humedad

(Llique, 2003)

a. Material:

Muestra alterada extraída del estrato en estudio.

b. Equipo:

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa con control de temperatura.
- Taras.

c. Procedimiento:

- Determinar el peso de la tara (Wt) y el peso de la muestra con la tara (Wh+t).
- Secar la muestra en la estufa , durante 24 horas a 105 °C

- Pesar la muestra seca en la tara (W_{s+t}) y determinar el peso del agua $W_w = (W_{h+t}) - (W_{s+t})$.
- Determinar el peso de la muestra seca peso del $W_s = (W_{s+t}) - W_t$.
- Determinar el contenido de humedad $W\% = W_w/W_s * 100$

2.5.3. CONSISTENCIA DEL SUELO

2.5.3.1 Limite líquido (LL)

Es el contenido de agua en el punto de transición del estado plástico al líquido.

Procedimiento del ensayo de límite líquido

(Llique, 2003)

a. Material:

Suelo seco que pasa la malla N°40

b. Equipo:

- Malla N°40
- Copa de Casagrande
- Ranurador o acanalador
- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa con control de temperatura.
- Espátula
- Probeta
- Capsula de porcelana
- Taras.

Procedimiento:

(Llique, 2003)

- En una cápsula de porcelana mezclar el suelo con agua con una espátula hasta obtener un espesor de 1cm.
- Colocar una porción de la pasta en la copa de Casagrande, nivelar mediante la espátula hasta obtener un espesor de 1cm

- En el centro hacer una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra quede dividida en dos partes.
- Luego por la leva operada por la manivela se levanta la copa y se deja caer desde una altura de 10mm
- El contenido de agua en porcentaje requerido para requerido para cerrar una distancia de 12.7mm a lo largo del fondo de la ranura a los 25 golpes se define como limite líquido.
- Mediante la espátula retirar la porción de suelo que se ha puesto en contacto en la parte inferior de la ranura y colocar en una tara para determinar su contenido de humedad
- Retirar el suelo remanente de la copa de Casagrande y colocar en la capsula de porcelana, agregar agua si el número de golpes de ensayo anterior ha sido alto, o agregar suelo si el número de golpes ha sido bajo (golpes de 6 a 35).
- Lavar y secar la copa del acanalador y repetir el ensayo mínimo 2 veces más.
- Dibujar la curva de fluidez (la recta) en escala semilogarítmica, en el eje de las abscisas se registra el número de golpes en la escala logarítmica, en el eje de ordenadas los contenidos de humedad en la escala natural.
- Determinar la ordenada correspondiente a los 25 golpes en la curva de fluidez, este será el valor del límite líquido del suelo.

2.5.3.2 Limite plástico (L.P)

Es el contenido de agua en el punto de transición del estado semisólido a plástico.

Procedimiento del ensayo de límite líquido

a. Material:

- Una porción de la mezcla preparada para el límite líquido.

b. Equipo:

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa con control de temperatura.
- Espátula
- Placa de vidrio
- Capsula de porcelana

➤ Taras.

c. Procedimiento:

(Lique, 2003; Carrera, 2011; ANA, 2010)

A la porción de la mezcla preparada para el límite líquido agregar suelo seco de tal manera que la pasta baje su contenido de humedad.

Enrollar la muestra con la mano sobre una placa de vidrio hasta obtener cilindros de 3mm de diámetro y que presenta agrietamientos, determinar su contenido de humedad. Repetir el ensayo una vez más.

2.5.3.3. El índice de plasticidad (PI)

Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo

$$PI = LL - PL$$

Ec. 114

2.5.4 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

El objeto de la clasificación de los suelos es tener una base sobre la cual puedan agruparse los suelos dependiendo de sus propiedades físicas y de su apariencia para lo cual usaremos el Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).

Sistema unificado de clasificación de suelos (sucs)

Clasifica los suelos en dos amplias categorías

1. los suelos de grano son de naturaleza tipo grava y arenosos con menos del 50% pasado por la malla N° 200, los símbolos del grupo comienzan con un prefijo G o S, G significa grava o suelo gravoso y S significa arena o suelo arenoso.
2. los suelos de fino con 50% o más pasado por la malla N° 200, los símbolos del grupo comienzan con un prefijo M que significa limo inorgánico y C para arcillas inorgánicas y O para arcillas y limos orgánicos.

El símbolo Pt se utiliza para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos.

Otros símbolos que se utilizan también en la clasificación

- W. bien gradado
- P. mal gradado
- L. baja plasticidad ($LL < 50$)
- H. alta plasticidad ($LL > 50$)

Para una clasificación apropiada con este sistema, debe conocerse la información siguiente.

1. Porcentaje de grava, es decir la fracción que pasa la malla 76.2 mm y es retenida en la malla N°4 (abertura 4.75 mm).
2. porcentaje de arena, es decir la fracción que pasa la malla N° 4 (abertura 4.75mm) y es retenida en la malla N°200 (abertura 0.075 mm).
3. porcentaje de limo y arcilla, es decir la fracción de finos que pasan la malla N° 200 (abertura 0.075mm).
4. coeficiente de uniformidad C_u y coeficiente de curvatura C_z .
5. limite líquido e índice de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla N° 40.

Figura 19. Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.). Fuente: ASTM

DIVISION PRINCIPAL		SIMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACION		
SUELOS DE GRANOS GRUESOS 50% o más es retenido en el tamiz No. 200	GRAVAS 50% o más de la fracción gruesa es retenido en el tamiz No. 4	GW	Gravas bien gradadas y mezclas de arena y grava con pocos finos o sin finos	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Mayor que 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Entre 1 y 3 Si los criterios para GW no se cumplen		
		GP	Gravas y mezclas de gravas y arenas mal gradadas con pocos finos o sin finos			
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava - arena y limo			
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava - arena y arcilla			
	ARENAS Mas del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz No. 4	ARENAS LIMPIAS	SW	Arenas y arenas gravosas bien gradadas con pocos finos o sin finos	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Superior a 6 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Entre 1 y 3 Si no se cumplen los criterios para SW	
			SP	Arenas y arenas gravosas mal gradadas con pocos finos o sin finos		
		ARENAS CON FINOS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena limo	Límites de Atterberg localizados bajo la línea "A" o índice de plasticidad inferior a 4. Para los límites de Atterberg localizados en el área sombreada se debe clasificar utilizando símbolos dobles	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla		
			Clasificación basada en el porcentaje de finos Menos del 5% pasa por el tamiz No. 200 (GW, GP, SW, SP) Mas del 5% pasa por el tamiz No. 200 (GM, GC, SM, SC) Mas del 12% pasa por el tamiz No. 200 (GM, GC, SM, SC) Mas del 15% pasa por el tamiz No. 200 Para clasificación de nombres se necesitan símbolos dobles			Límites de Atterberg sobre la línea "A" e índice de plasticidad superior a 7. Si los límites de Atterberg se localizan en el área sombreada se debe clasificar utilizando símbolos dobles
						Límites de Atterberg localizados bajo la línea "A" o índice de plasticidad inferior a 4. Para los límites de Atterberg localizados en el área sombreada se debe clasificar utilizando símbolos dobles
SUELOS DE GRANOS FINOS 50% o más pasa por el tamiz No. 200	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido de 50% o inferior	ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas limas limosas o arcillosas	GRAFICO DE PLASTICIDAD Para la clasificación de los suelos limos y de la fracción fina de los suelos granulares. Los límites de Atterberg situados en el área sombreada corresponden a la clasificación de nombre y requieren símbolos dobles. Ecuación de la línea A: $IP = 0.73 (LL - 20)$		
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, suelos sin mucha arcilla			
		OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido superior a 50%	MH	Limos inorgánicos, arenas finas o limos micáceos o de diatomeas limos e ásticos			
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas			
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad alta o media			
		PT	Turba, estiércol y otros suelos altamente orgánicos		Para la identificación visual y manual, véase ASTM norma D 2488	

2.6 IMPACTO AMBIENTAL

(ESHA, 2006)

2.6.1 IDENTIFICACIÓN DE ALTERACIONES E INDICADORES DE IMPACTO

La evaluación del impacto ambiental provocado por cualquier actividad obliga al cumplimiento de una serie de etapas constituidas por la identificación de impactos, la predicción y la evaluación de los mismos y la información a los gestores de las conclusiones obtenidas; todo ello previo estudio de la actividad a realizar, concretada en el proyecto propuesto, y previos inventario y valoración del medio físico sobre el que se va a actuar.

2.6.1.1 Identificación de alteraciones,

Tiene por objetivo, generar un grupo de indicadores de impacto de utilidad en el Estudio de Impacto Ambiental. Por tanto, de dicho proceso surgirá el grupo de elementos o factores ambientales, que pueden quedar afectados significativamente por el desarrollo de la actividad. Es conveniente que los indicadores elegidos, sean de un solo grado (primarios o finales) pues de lo contrario, podría considerarse el mismo efecto dos o más veces. También es deseable que sean medibles en términos cuantitativos o cualitativos.

La identificación de impactos, con las consideraciones ya señaladas, es conveniente realizarla de manera sistemática. Para ello, reseñamos la existencia de cinco tipos de metodologías principales, entre otras muchas.

- Lista de contraste o de chequeo.
- Matrices.
- Redes.
- Métodos específicos.
- Superposición de Mapas.

Para la identificación de impactos usaremos la lista de chequeo y las matrices por ser los más apropiados para este proyecto.

a. Listas de Contraste o de Chequeo.

Se trata de listas extensas que incluyen efectos medioambientales e indicadores de impacto. Su objetivo es facilitar un análisis, tan amplio como sea posible, acerca de las posibles consecuencias de las acciones contempladas. Estas listas, presentan el inconveniente de inducir al analista a ignorar efectos que no estén incluidos en ellas. Una lista de chequeo útil, para el análisis de la construcción y explotación de un embalse, podría ser la siguiente:

Tabla 22. Lista de Chequeo
 Fuente: Elaboración propia.

Fase o categoría	Impacto potencial
Construcción	-Aporte de sedimentos por la corriente. -Depósitos de residuos sólidos procedentes de las actividades de construcción. -Contaminación del aire en el lugar de la construcción antes y durante la misma. -Ruidos provocados en el lugar de la construcción. Alteración de la vegetación. -Alteración de la fauna. Alteración de la morfología y el paisaje.
	-Pérdida de velocidad de la corriente. -Aporte de residuos por actividades recreativas. -Impacto de suelo inundado sobre la calidad de agua -Perdida de hábitat silvestre. -Consideración de la evaporación -Sedimentación en el embalse. -Cambio en el paisaje por la lámina de agua e infraestructura. -Aumento de ruidos. -Alteraciones de la vegetación y fauna.
	-Impacto sobre el uso de suelo debido a la puesta en regadío. -Eliminación del aporte de lodos a la vegetación ribereña. -Impacto sobre la población piscícola debido al cambio de temperatura en el vaso.

Este es uno de los métodos más simples que pueden utilizarse, y es recomendable para estudios preliminares.

b. Matrices.

Las matrices usadas para la identificación de impactos, están típicamente constituidas por una lista de las actividades precisas para el desarrollo del proyecto, la cual se enfrenta, en una tabla de doble entrada, a otra lista de indicadores de impacto. Se forma así una matriz que puede usarse para la detección de las relaciones causa - efecto, aunque encuentran también un importante campo de aplicación en la definición cualitativa de las mismas relaciones causa - efecto.

Cuando una acción determinada produce una alteración en un factor medioambiental, se anota en el punto de intersección de sus correspondientes líneas (fila y columna),

para después proceder a un análisis más minucioso y describirlo en términos de magnitud e importancia.

Al igual que en las listas de revisión, se puede recurrir a las matrices proporcionadas por autores u organismos, probablemente la matriz más conocida sea la matriz, desarrollada por Leopold en 1971.

2.6.2 EVALUACIÓN DE IMPACTOS

Para evaluar los impactos ambientales identificados, en cada etapa del proyecto, se elaboró una matriz que incluyó algunos índices de valoración cualitativa, tales como:

- Tipo
- Intensidad
- Extensión o área de influencia
- Duración
- Magnitud
- Probabilidad de ocurrencia
- Mitigabilidad o reversibilidad

El objetivo fue definir el Valor Integral del Impacto Ambiental (VIA), definido como:

$$VIA_k = M_k \times a_R \times M_k \times a_{IM} \times P_k \times a_P \quad \text{Ec. 115}$$

Donde:

- VIA_k=valor integral de impacto para el factor ambiental K
- MR_k=mitigabilidad o reversibilidad del impacto sobre el factor K
- a_R=ponderación del criterio de reversibilidad
- M_k=magnitud del impacto sobre el factor K
- a_{IM}=ponderación del criterio de magnitud
- P_k=probabilidad de ocurrencia del impacto sobre el factor K
- a_P=ponderación del criterio de probabilidad

Por su parte, para el cálculo de la magnitud de impacto, se aplicó la siguiente fórmula:

$$M_k = I_k \times a_I + E_k \times a_E + D_k \times a_D \quad \text{Ec. 116}$$

Donde:

- M_k =magnitud del impacto sobre el factor ambiental K
- I_k =intensidad del impacto sobre el factor K
- a_I =coeficiente de ponderación del criterio de intensidad
- E_k =extensión del impacto sobre el factor ambiental K
- a_E =coeficiente de ponderación del criterio de extensión
- D_k =duración del impacto ambiental sobre el factor K
- a_D =coeficiente de ponderación del criterio de duración

Los coeficientes de ponderación, cumplieron con la condición:

$$a_I + a_E + a_D = 1; a_R + a_{IM} + a_P = 1$$

Ec. 117

Se propuso con los siguientes valores:

$$a_I = 0.40, a_E = 0.40, a_D = 0.20, a_R = 0.22, a_{IM} = 0.61, a_P = 0.17$$

Los criterios para la valoración cualitativa de los impactos ambientales, y el rango del valor integral del impacto ambiental (VIA), se muestran en los siguientes cuadros:

Tabla 23. Criterios para la valoración cualitativa.
 Fuente: Proyecto central hidroeléctrica San Gabán IV

CRITERIO	DESCIPCION	VALORACION
Tipo	positivo	+
	negativo	-
Intensidad	baja	2
	moderada	5
	alta	10
Extensión	baja	10
	media	5
	alta	2
Duración	permanente(+10años)	10
	temporal(5-10años)	5
	corta(-5años)	2
Probabilidad de ocurrencia	alta(+50%)	1
	moderada(10 -50%)	0.5
	baja(1-10años)	0.2
Mitigabilidad	alta	10
	moderada	5
	baja	2

Tabla 24. Relevancia del impacto ambiental
Fuente: Proyecto central hidroeléctrica San Gabán IV

Vía	Relevancia del impacto ambiental
> 8.0	muy alto
6.0 - 8.0	alto
4.0 - 5.9	medio
2.0 - 3.9	bajo
< 2.0	muy bajo

2.6.3 MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS.

Identificados y evaluados los impactos principales en las fases anteriores, corresponde ahora considerar la proposición de medidas correctoras, que aminoren los efectos derivados de la actividad contemplada, al tiempo que se analiza si dichas medidas no producirían a su vez, repercusiones negativas en el entorno.

La corrección de los impactos puede consistir en:

- Reducir el impacto.
- Cambiar la condición del impacto.
- Compensar el impacto.

La reducción del impacto, se consigue limitando la intensidad o agresividad de la acción que lo provoca, el cambio de la condición del impacto, puede realizarse mediante actuaciones favorecedoras de los procesos de regeneración natural que disminuyan la duración de los efectos. La compensación ha de contemplarse cuando el impacto sea recuperable.

CAPITULO 3: MATERIALES Y RECURSOS HUMANOS

3.1 RECURSOS HUMANOS

- Katherine Carranza Alcalde
- Ing. Luis Vásquez Ramírez
- Ing. Gilberto Cruzado Vásquez
- Ing. Gilberto Villanueva Vigo.
- Sociólogo Walter Mantilla
- Cooperadores

3.2 MATERIALES Y HERRAMIENTAS

- Material topográfico
- Estacas de madera
- Pintura
- Comba (martillo para romper rocas)
- Clavos
- Libreta
- Pinceles

3.3 MATERIAL DE CAMPO

Para reconocimiento y recolección de muestras (mecánica de suelos).

- Picos y palancas
- Bolsas de polietileno
- Sacos
- Machetes

3.4 EQUIPOS Y SERVICIOS

- Equipo topográfico
- 01 teodolito o estación total
- 01 nivel de ingeniero
- 02 trípodes de madera
- 01 brújula
- 01 GPS Garmin
- 01 Eclímetro
- 01 Cinta métrica de nylon de 30 metros (wincha)
- 03 Miras
- 06 Jalones

CAPITULO 4: METODOLOGIA Y PROCEDIMIENTO

4.1 METODOLOGIA

4.1.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La recolección de información y de muestras se ha obtenido de la siguiente manera:

Toma de encuestas

Se realizó con la finalidad de obtener un estudio socioeconómico de las comunidades y para poder determinar la demanda de energía eléctrica con la que se determinara la potencia de la Microcentral Hidroeléctrica.

Información topográfica

Esta información ha sido obtenida directamente de campo, con ella se han confeccionado los planos de; ubicación de las viviendas, de la zona de bocatoma, del canal de conducción, de la de la tubería forzada y de la red de conexión.

Información geológica

Esta información ha sido obtenida directamente del lugar de enlazamiento de las estructuras, así mismo se ha contado con la carta geológica que corresponde a esta zona.

Obtención de caudales

Para esta información se han realizado aforos en el río, considerando las épocas de menor precipitación, que está dado entre los meses de Junio y Octubre. El método empleado ha sido el del flotador.

Información hidrometeorológica

Para determinar las máximas avenidas, consiste en caudales máximos obtenidos de la estación limnimétrica del Río Chotano, aforado desde 1975 hasta 1999, ubicada en el distrito de Lajas a 12 km de la ciudad de Chota a una altitud de 2125 m.s.n.m. Obtenidos de la tesis de maestría "Estudio de las fallas en estructuras de captación de alta montaña (caso bocatoma tres molinos)"

Dimensionamiento de las estructuras

Las formas y las dimensiones de las diferentes estructuras se diseñaron a partir de los datos utilizados en la caracterización hidráulica para una máxima eficiencia, y con la finalidad de generar la energía eléctrica que se requiere.

Información de suelos

Esta información ha sido obtenida directamente de las muestras de suelo recogidas en la zona y llevadas al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Cajamarca para poder realizar los ensayos necesarios

En el laboratorio se realizaron los ensayos de granulometría , contenido de humedad , limite líquido , de limite plástico , con la finalidad de poder realizar la clasificación de suelos y obtener la curva granulométrica , datos que son importantes para poder determinar los parámetros de diseño de las dientes estructuras.

4.2 PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos detallados en 4.1, son procesados de la siguiente manera:

4.2.1 TOPOGRÁFICOS.

Se ha procedido a realizar el levantamiento topográfico de las zonas donde se han ubicado las estructuras en estudio, para lo cual se ha tomado medidas de campo, con los instrumentos topográficos, el método utilizado es el de radiación. Los datos obtenidos han sido procesados para confeccionar los planos altimétricos y planímetros.

4.2.2 MECÁNICA DE SUELOS

Se recogieron muestras de suelo de aproximadamente 10 kg cada una, en cada zona donde se construirá un elemento estructural. Con las muestras obtenidas en capo se realizaron el ensayo de granulometría, contenido de humedad, límite líquido y límite plástico que a continuación se presentan

a. Muestra de suelo de la Bocatoma C-1

Ensayo de contenido de humedad

Tabla 25. Contenido de humedad de la muestra C-1.
 Fuente. Elaboración propia

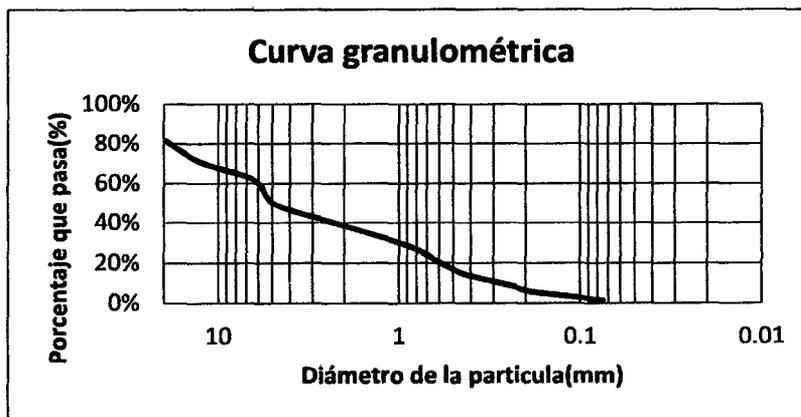
Calicata	Peso tara (gr)	Peso tara + P muestra (gr)	Peso tara + P muestra seca (gr)	Peso agua (gr)	Peso sólidos (gr)	Contenido humedad (%)
	Wt	Wt+W	Wt+Ws	Ww	Ws	w
C-1	39.4	358.2	273.3	84.9	318.8	26.63%

Análisis por cribado

Tabla 26. de análisis por cribado de la muestra C-1.
 Fuente. Elaboración propia

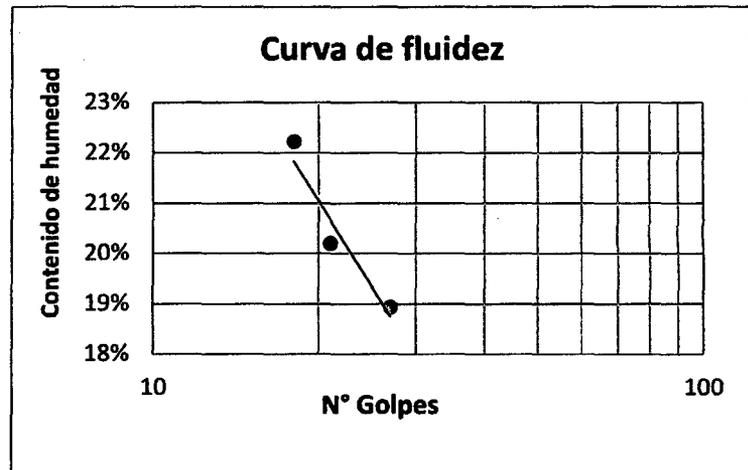
Malla N°	Diámetro (mm)	Masa suelo retenida en la malla	Porcentaje suelo retenido malla	Porcentaje que pasa
3/4"	19.5	124.79	18.47%	81.53%
1/2"	12.7	71.79	10.62%	70.91%
1/4"	6.35	62.34	9.23%	61.68%
4	4.75	83.59	12.37%	49.31%
10	2	72.89	10.79%	38.52%
20	0.85	71.79	10.62%	27.90%
30	0.6	50.29	7.44%	20.46%
40	0.425	41.69	6.17%	14.29%
60	0.25	34.76	5.14%	9.14%
100	0.18	23.79	3.52%	5.62%
200	0.075	28.00	4.14%	1.48%
Cazoleta		10.00	1.48%	
Peso total		675.72		

Figura 20. Curva granulométrica de la muestra C-1.
 Fuente. Elaboración propia



Limite liquido (L.L)

Tara	L.L 1	L.L 2	L.L 3
Wt	10	11.7	9.5
Wt+W	63.5	63.8	63
W	53.5	52.1	53.5
Wt+W _s	61.07	61.4	61.8
WS	51.07	49.7	52.3
Ww	2.43	2.4	1.2
w(%)	4.76%	4.83%	2.29%
P.L	3.96%		



Limite plástico (L.P)

Tara	L.L 1	L.L 2	L.L 3
Wt	10	11.7	9.5
Wt+W	63.5	63.8	63
W	53.5	52.1	53.5
Wt+W _s	61.07	61.4	61.8
WS	51.07	49.7	52.3
Ww	2.43	2.4	1.2
w(%)	4.76%	4.83%	2.29%
P.L	3.96%		

Por lo tanto tenemos:

- Porcentaje de grava (pasa 72.6mm .retenido 4.75mm)= 50.7%
- Porcentaje de arena(pasa 4.75mm .retenido 0.075)=47.8%
- Porcentaje de limos y arcillas (pasa 0.075)=1.48%
- Coeficiente de uniformidad (C_u) y coeficiente de curvatura (C_z)

➤ D ₁₀ =0.28	C _u =18.60
D ₃₀ =1.08	C _z =0.80
D ₆₀ =5.19	

Limite líquido (L.L) e índice plasticidad (P.I) del suelo que pasa la malla N° 40

L.L=19.35%

P.I= 15.39%

Concluimos que es un suelo: **GP = Grava mal graduada con arena**

b. Muestra de suelo del canal de conducción C-2

Ensayo de contenido de humedad

Tabla 27. Contenido de humedad de la muestra C-2.
Fuente. Elaboración propia

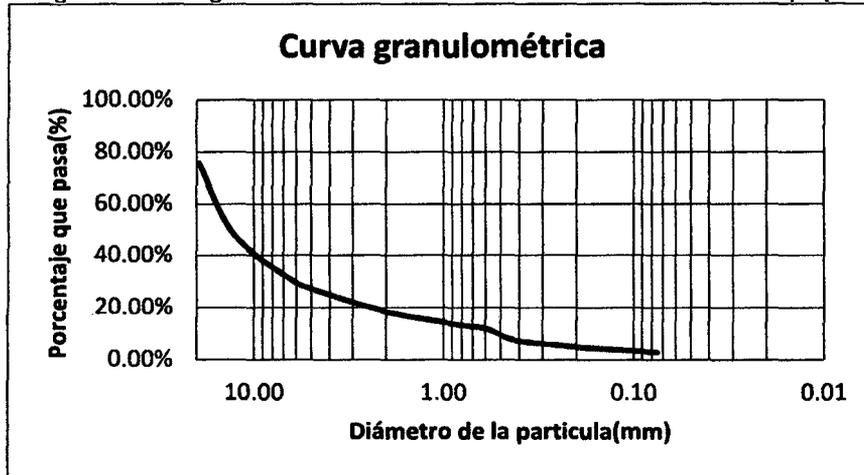
Calicata	Peso tara (gr)	Peso tara + P muestra (gr)	Peso tara + P muestra seca (gr)	Peso agua (gr)	Peso sólidos (gr)	Contenido humedad (%)
	Wt	Wt+W	Wt+Ws	Ww	Ws	w
C-2	38.0	445.33	396.98	48.35	407.33	11.87%

Análisis por cribado

Tabla 28. de análisis por cribado de la muestra C-2.
Fuente. Elaboración propia

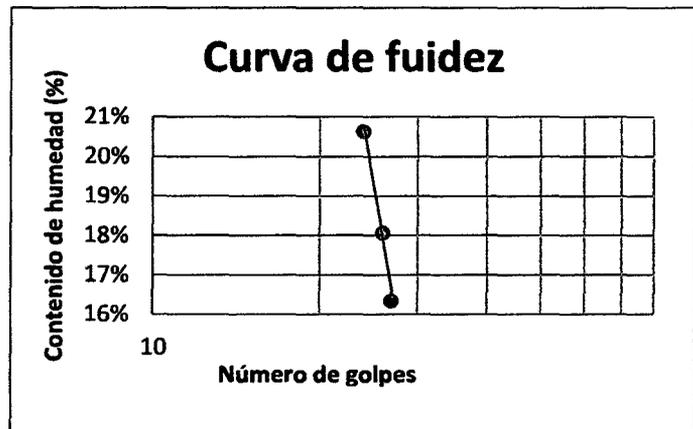
Malla N°	Diámetro (mm)	Masa suelo retenida en la malla	Porcentaje suelo retenido malla	Porcentaje que pasa
3/4"	19.50	111.23	16.05%	83.95%
1/2"	12.70	109.34	15.78%	68.18%
1/4"	6.35	100.34	14.48%	53.70%
4	4.75	55.78	8.05%	45.65%
10	2.00	63.00	9.09%	36.56%
20	0.85	35.00	5.05%	31.51%
30	0.60	38.60	5.57%	25.94%
40	0.43	34.00	4.91%	21.04%
60	0.25	30.00	4.33%	16.71%
100	0.18	54.00	7.79%	8.92%
200	0.08	18.80	2.71%	6.20%
Cazoleta		43.00	6.20%	
Peso total		693.09		

Figura 21. Curva granulométrica de la muestra C-2. Fuente. Elaboración propia



Limite liquido (L.L)

Tara	L.L 1	L.L 2	L.L 3
Wt	33	33	32.3
Wt+W	52.3	51	50.1
W	19.3	18	17.8
Nºgolpes	27	26	24
Wt+W _s	49	48.5	47.6
WS	16	15.5	15.3
Ww	3.3	2.8	2.5
w(%)	20.63%	18.06%	16.34%
L.L	19.34%		



Limite plástico (L.P)

Tara	L.L 1	L.L 2	L.L 3
Wt	17.6	17.8	17.9
Wt+W	63	63.3	63.1
W	45.4	45.5	45.2
Wt+W _s	59.1	59.6	59.8
WS	41.5	41.8	41.9
Ww	3.9	3.7	3.3
w(%)	9.40%	8.85%	7.88%
P.L	8.71%		

Por lo tanto tenemos:

- Porcentaje de grava (pasa 72.6mm .retenido 4.75mm)= 73.3%
- Porcentaje de arena(pasa 4.75mm .retenido 0.075)=23.8%

- Porcentaje de limos y arcillas (pasa 0.075)=2.89%
- Coeficiente de uniformidad (CU) y coeficiente de curvatura (Cz)

➤ D ₁₀ =0.52	C _u =30.12
D ₃₀ =6.10	C _z =4.58
D ₆₀ =15.63	

Límite líquido (L.L) e índice plasticidad (P.I) del suelo que pasa la malla N° 40

L.L=15.91%

P.I=7.20%

Concluimos que es un suelo: **GP=Grava mal graduada con arena**

c. Muestra de suelo del canal de conducción C-3

Ensayo de contenido de humedad

Tabla 29. Contenido de humedad de la muestra C-3.
Fuente. Elaboración propia

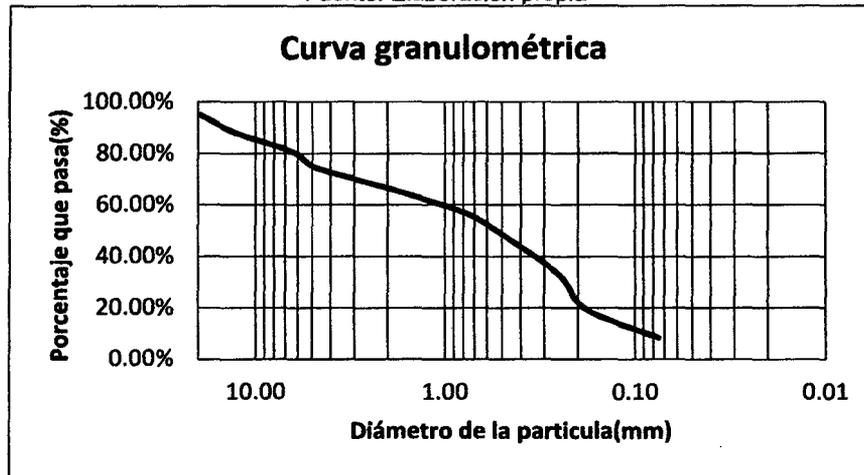
Calicata	Peso tara (gr)	Peso tara + P muestra (gr)	Peso tara + p muestra seca (gr)	Peso agua (gr)	Peso sólidos (gr)	Contenido humedad (%)
	Wt	Wt+W	Wt+Ws	Ww	Ws	w
C-3	40	398.5	332	66.5	358.5	18.55%

Análisis por cribado

Tabla 30. de análisis por cribado de la muestra C-3.
Fuente. Elaboración propia

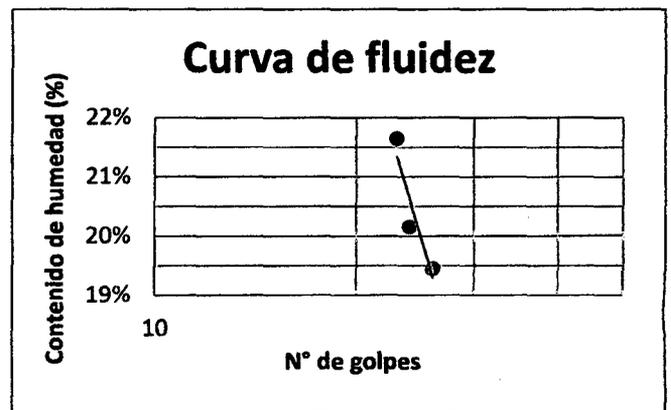
Malla N°	Diámetro (mm)	Masa suelo retenida en la malla	Porcentaje suelo retenido malla	Porcentaje que pasa
3/4"	19.50	39.55	4.94%	95.06%
1/2"	12.70	56.45	7.06%	88.00%
1/4"	6.35	60.20	7.52%	80.48%
4	4.75	48.40	6.05%	74.43%
10	2.00	63.23	7.90%	66.53%
20	0.85	68.50	8.56%	57.96%
30	0.60	45.12	5.64%	52.32%
40	0.43	57.56	7.19%	45.13%
60	0.25	99.10	12.39%	32.74%
100	0.18	106.08	13.26%	19.49%
200	0.08	88.90	11.11%	8.37%
Cazoleta		67.00	8.37%	
Peso total		800.09		

Figura 22. Curva granulométrica de la muestra C-2.
 Fuente. Elaboración propia



Limite liquido (L.L)

Tara	L.L 1	L.L 2	L.L 3
Wt	34.4	34	33.9
Wt+W	64.5	65	62
W	30.1	31	28.1
Nºgolpes	26	24	23
Wt+Ws	59.6	59.8	57
WS	25.2	25.8	23.1
Ww	4.9	5.2	5
w(%)	19.44%	20.16%	21.65%
L.L	19.80%		



Limite plástico (L.P)

Tara	L.L 1	L.L 2	L.L 3
Wt	17.6	17.8	17.9
Wt+W	67.3	67.9	67
W	49.7	50.1	49.1
Wt+Ws	62.43	62.66	63
WS	44.83	44.86	45.1
Ww	4.87	5.24	4
w(%)	10.86%	11.68%	8.87%
P.L	10.47%		

Por lo tanto tenemos:

- Porcentaje de grava (pasa 72.6mm .retenido 4.75mm)= 25.6%
- Porcentaje de arena(pasa 4.75mm .retenido 0.075)=66.1%

- Porcentaje de limos y arcillas (pasa 0.075)=8.37%
- Coeficiente de uniformidad (CU) y coeficiente de curvatura (Cz)

➤ $D_{10}=0.09$	$C_u=12.43$
$D_{30}=0.24$	$C_z=0.55$
$D_{60}=1.12$	

Límite líquido (L.L) e índice plasticidad (P.I) del suelo que pasa la malla N° 40

L.L=19.80%

P.I=9.33%

Concluimos que es un suelo: **SP-SC =Arena mal graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)**

d. Muestra de suelo del Desarenador C-4

Ensayo de contenido de humedad

Tabla 31. Contenido de humedad de la muestra C-4.
Fuente. Elaboración propia

Calicata	Peso tara (gr)	Peso tara + P muestra (gr)	Peso tara + P muestra seca (gr)	Peso agua (gr)	Peso sólidos (gr)	Contenido humedad (%)
	Wt	Wt+W	Wt+W _s	W _w	W _s	w
C-4	40	350.5	311	39.5	310.5	12.72%

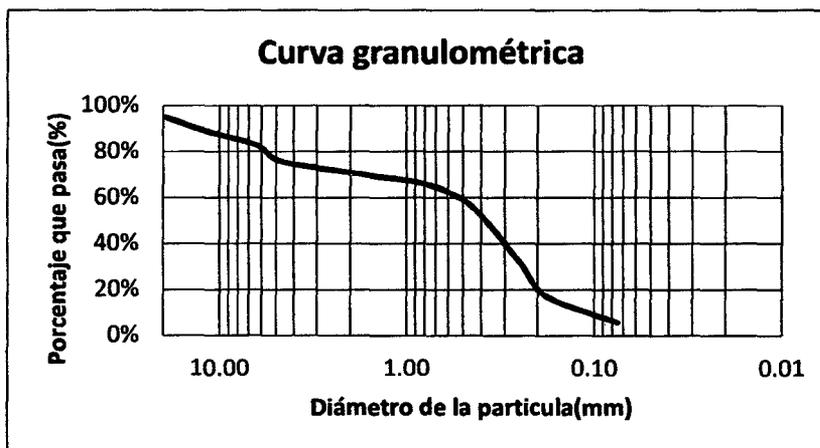
Análisis por cribado

Tabla 32. de análisis por cribado de la muestra C-3.
Fuente. Elaboración propia

Malla N°	Diámetro (mm)	Masa suelo retenida en la malla	Porcentaje suelo retenido malla	Porcentaje que pasa
3/4"	19.50	42.97	4.95%	95.05%
1/2"	12.70	46.99	5.41%	89.64%
1/4"	6.35	59.56	6.86%	82.78%
4	4.75	59.92	6.90%	75.88%
10	2.00	43.68	5.03%	70.85%
20	0.85	38.50	4.43%	66.42%
30	0.60	35.65	4.11%	62.31%
40	0.43	68.97	7.94%	54.37%
60	0.25	194.65	22.41%	31.96%
100	0.18	128.27	14.77%	17.19%
200	0.08	99.64	11.47%	5.71%

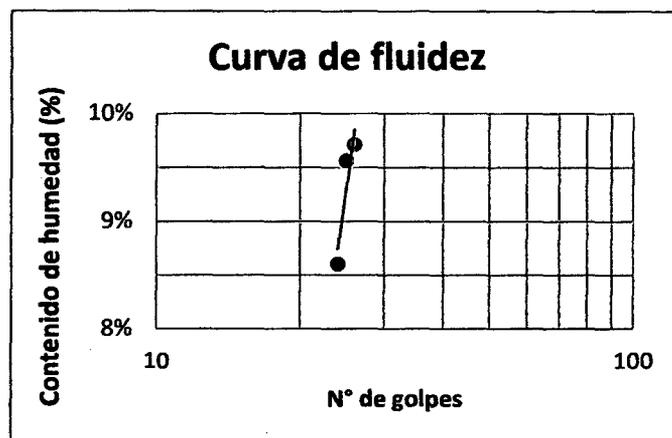
Cazoleta		49.63	5.71%
Peso total		868.43	

Figura 23. Curva granulométrica de la muestra C-4.
 Fuente. Elaboración propia



Limite liquido (L.L)

Tara	L.L 1	L.L 2	L.L 3
Wt	35	35.5	35
Wt+W	65.5	65.63	65.3
W	30.5	30.13	30.3
Nºgolpes	26	25	26
Wt+W _s	62.8	63	62.9
WS	27.8	27.5	27.9
Ww	2.7	2.63	2.4
w(%)	9.71%	9.56%	8.60%
L.L	9.56%		



Limite plástico (L.P)

Tara	L.L 1	L.L 2	L.L 3
Wt	18	18.1	18.05
Wt+W	65.3	65.54	65.4
W	47.3	47.44	47.35
Wt+W _s	62.43	62.66	63
WS	44.43	44.56	44.95
Ww	2.87	2.88	2.4
w(%)	6.46%	6.46%	5.34%
P.L	6.09%		

Por lo tanto tenemos:

- Porcentaje de grava (pasa 72.6mm .retenido 4.75mm)=24.1%
- Porcentaje de arena(pasa 4.75mm .retenido 0.075)=70.2%
- Porcentaje de limos y arcillas (pasa 0.075)=5.71%
- Coeficiente de uniformidad (CU) y coeficiente de curvatura (Cz)

➤ D ₁₀ =0.11	C _u =4.81
D ₃₀ =0.24	C _z =0.92
D ₆₀ =0.55	

Límite líquido (L.L) e índice plasticidad (P.I) del suelo que pasa la malla N° 40

L.L=9.56%

P.I=3.48%

Concluimos que es un suelo: **SP-SM=Arena mal graduada con limo y grava**

e. Muestra de suelo de la Cámara de carga C-5

Ensayo de contenido de humedad

Tabla 33.Contenido de humedad de la muestra C-5.
Fuente. Elaboración propia

Calicata	Peso tara (gr)	Peso tara + P muestra (gr)	Peso tara + P muestra seca (gr)	Peso agua (gr)	Peso sólidos (gr)	Contenido humedad (%)
	Wt	Wt+W	Wt+Ws	Ww	Ws	w
C-1	39	345.68	311.3	34.38	306.68	11.21%

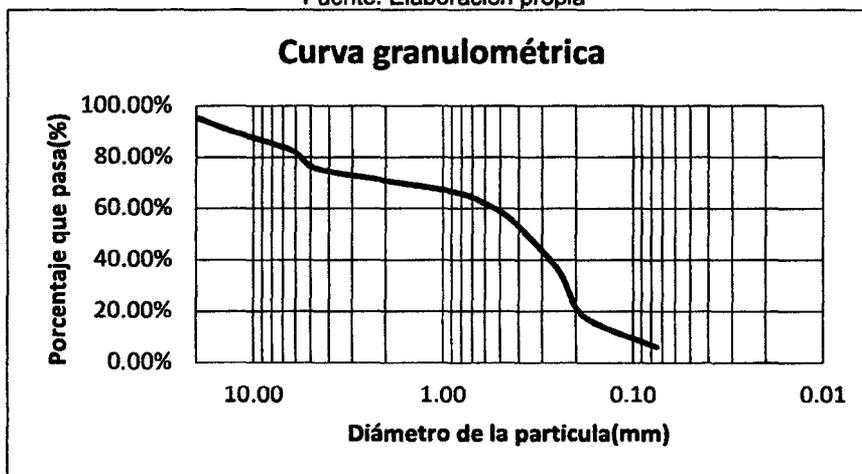
Análisis por cribado

Tabla 34.de análisis por cribado de la muestra C-5.
Fuente. Elaboración propia

Malla N°	Diámetro (mm)	Masa suelo retenida en la malla	Porcentaje suelo retenido malla	Porcentaje que pasa
3/4"	19.50	40.20	4.77%	95.23%
1/2"	12.70	44.50	5.28%	89.96%
1/4"	6.35	61.10	7.24%	82.71%
4	4.75	57.99	6.88%	75.84%
10	2.00	41.40	4.91%	70.93%
20	0.85	39.27	4.66%	66.28%
30	0.60	36.45	4.32%	61.95%
40	0.43	60.00	7.11%	54.84%

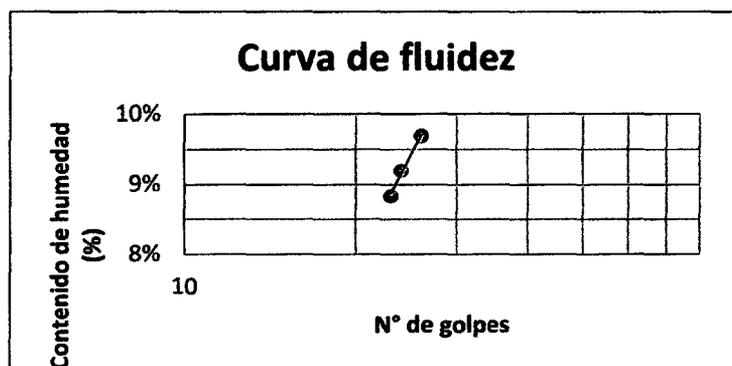
30	0.60	36.45	4.32%	61.95%
40	0.43	60.00	7.11%	54.84%
60	0.25	154.20	18.28%	36.56%
100	0.18	156.78	18.59%	17.97%
200	0.08	100.05	11.86%	6.11%
Cazoleta		51.55	6.11%	
Peso total		843.49		

Figura 24. Curva granulométrica de la muestra C-5.
 Fuente. Elaboración propia



Limite liquido (L.L).

Tara	L.L 1	L.L 2	L.L 3
Wt	36	35.9	35.85
Wt+W	64.3	64.4	64.2
W	28.3	28.5	28.35
Nº golpes	26	24	24
Wt+Ws	61.8	62	61.9
WS	25.8	26.1	26.05
Ww	2.5	2.4	2.3
w(%)	9.69%	9.20%	8.83%
L.L	9.44%		



Limite plástico (L.P)

Tara	L.L 1	L.L 2	L.L 3
Wt	18	18	18.05
Wt+W	65.9	65.67	65.81
W	47.9	47.67	47.76
Wt+Ws	63.23	63.4	63.5
WS	45.23	45.4	45.45
Ww	2.67	2.27	2.31
w(%)	5.90%	5.00%	5.08%
P.L	5.33%		

Por lo tanto tenemos:

- Porcentaje de grava (pasa 72.6mm .retenido 4.75mm)=24.2%
- Porcentaje de arena(pasa 4.75mm .retenido 0.075)=69.7%
- Porcentaje de limos y arcillas (pasa 0.075)=6.11%
- Coeficiente de uniformidad (CU) y coeficiente de curvatura (Cz)

➤ D ₁₀ =0.11	C _u =5.04
D ₃₀ =0.23	C _z =0.84
D ₆₀ =0.55	

Límite líquido (L.L) e índice plasticidad (P.I) del suelo que pasa la malla N° 40

L.L=9.25%

P.I=3.92%

Concluimos que es un suelo: **SP-SM=Arena mal graduada con limo y grava**

f. Muestra de suelo de la cámara de carga C-6

Ensayo de contenido de humedad

Tabla 35.Contenido de humedad de la muestra C-5.
Fuente. Elaboración propia

Calicata	Peso tara (gr)	Peso tara + P muestra (gr)	Peso tara + P muestra seca (gr)	Peso agua (gr)	Peso sólidos (gr)	Contenido humedad (%)
	Wt	Wt+W	Wt+W _s	W _w	W _s	w
C-6	38	455	384	71	417	17.03%

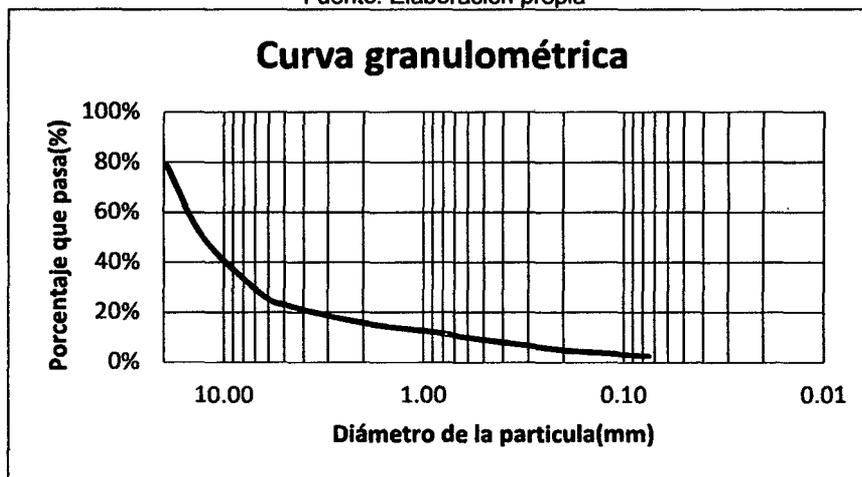
Análisis por cribado

Tabla 36.de análisis por cribado de la muestra C-6.
Fuente. Elaboración propia

Malla N°	Diámetro (mm)	Masa suelo retenida en la malla	Porcentaje suelo retenido malla	Porcentaje que pasa
3/4"	19.50	156.70	20.80%	79.20%
1/2"	12.70	220.20	29.23%	49.97%
1/4"	6.35	175.56	23.30%	26.67%
4	4.75	30.00	3.98%	22.69%
10	2.00	52.10	6.92%	15.77%
20	0.85	28.90	3.84%	11.93%

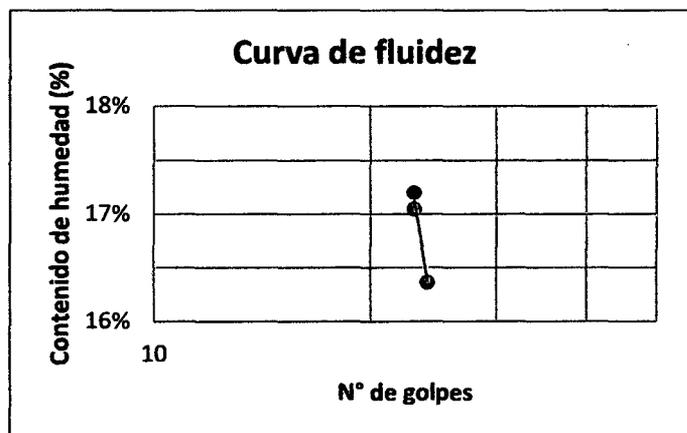
30	0.60	15.30	2.03%	9.90%
40	0.43	12.00	1.59%	8.31%
60	0.25	18.30	2.43%	5.88%
100	0.18	9.80	1.30%	4.58%
200	0.08	15.60	2.07%	2.51%
Cazoleta		18.90	2.51%	
Peso total		753.36		

Figura 25. Curva granulométrica de la muestra C-6.
 Fuente. Elaboración propia



Limite liquido (L.L)

Tara	L.L 1	L.L 2	L.L 3
Wt	45.3	44.4	44.5
Wt+W	64.5	65	64.6
W	19.2	20.6	20.1
Nºgolpes	24	23	23
Wt+W _s	61.8	62	61.65
WS	16.5	17.6	17.15
Ww	2.7	3	2.95
w(%)	16.36%	17.05%	17.20%
L.L	15.68%		



Limite plástico (L.P)

Tara	L.L 1	L.L 2	L.L 3
Wt	17	17.8	17.9
Wt+W	64.8	64.9	65.1
W	47.8	47.1	47.2
Wt+W _s	63.12	63.2	63.23
WS	46.12	45.4	45.33

Ww	1.68	1.7	1.87
w(%)	3.64%	3.74%	4.13%
P.L	3.84%		

Por lo tanto tenemos:

- Porcentaje de grava (pasa 72.6mm .retenido 4.75mm)=77.3%
- Porcentaje de arena(pasa 4.75mm .retenido 0.075)=20.2%
- Porcentaje de limos y arcillas (pasa 0.075)=2.51%
- Coeficiente de uniformidad (CU) y coeficiente de curvatura (Cz)

➤ D ₁₀ =0.61	C _u =24.56
D ₃₀ =7.26	C _z =5.73
D ₆₀ =15.03	

Límite líquido (L.L) e índice plasticidad (P.I) del suelo que pasa la malla N° 40

L.L=15.68%

P.I=11.84%

Concluimos que es un suelo: **GP=Grava mal graduada con arena**

g. Muestra de suelo de la Casa de fuerza C-7

Ensayo de contenido de humedad

Tabla 37. Contenido de humedad de la muestra C-5.
Fuente. Elaboración propia

Calicata	Peso tara (gr)	Peso tara + P muestra (gr)	Peso tara + P muestra seca (gr)	Peso agua (gr)	Peso sólidos (gr)	Contenido humedad (%)
	Wt	Wt+W	Wt+Ws	Ww	Ws	w
C-1	38	445.33	396.98	48.35	407.33	11.87%

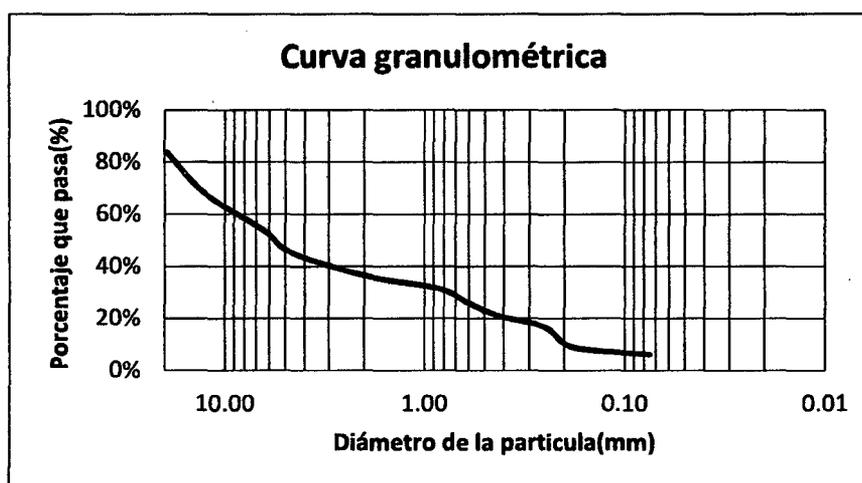
Análisis por cribado

Tabla 38. de análisis por cribado de la muestra C-6.
Fuente. Elaboración propia

Malla N°	Diámetro (mm)	Masa suelo retenida en la malla	Porcentaje suelo retenido malla	Porcentaje que pasa
3/4"	19.50	111.23	16.05%	83.95%
1/2"	12.70	109.34	15.78%	68.18%
1/4"	6.35	100.34	14.48%	53.70%

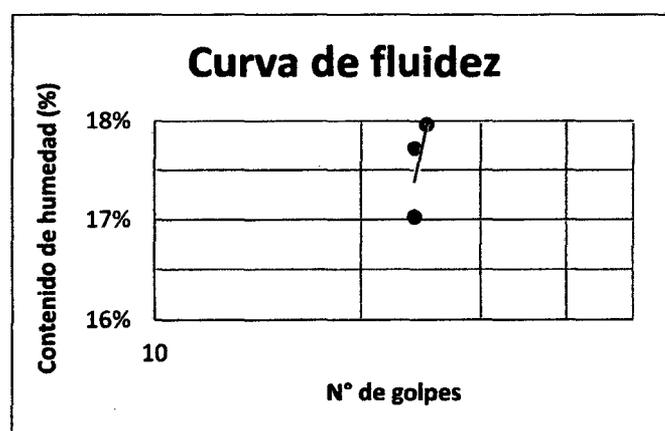
4	4.75	55.78	8.05%	45.65%
10	2.00	63.00	9.09%	36.56%
20	0.85	35.00	5.05%	31.51%
30	0.60	38.60	5.57%	25.94%
40	0.43	34.00	4.91%	21.04%
60	0.25	30.00	4.33%	16.71%
100	0.18	54.00	7.79%	8.92%
200	0.08	18.80	2.71%	6.20%
pasa		43.00	6.20%	
Peso total		693.09		

Figura 26. Curva granulométrica de la muestra C-6.
 Fuente. Elaboración propia



Limite liquido (L.L)

Tara	L.L 1	L.L 2	L.L 3
Wt	45.5	45.4	45.5
Wt+W	64.3	65.1	64.4
W	18.8	19.7	18.9
Nºgolpes	24	25	24
Wt+Ws	61.47	62.1	61.65
WS	15.97	16.7	16.15
Ww	2.83	3	2.75
w(%)	17.72%	17.96%	17.03%
L.L	17.96%		



Limite plástico (L.P)

Tara	L.L 1	L.L 2	L.L 3
Wt	17	17	17.1
Wt+W	63.2	63	63.3
W	46.2	46	46.2
Wt+Ws	61	60.92	61.5
WS	44	43.92	44.4
Ww	2.2	2.08	1.8
w(%)	5.00%	4.74%	4.05%
P.L	4.60%		

Por lo tanto tenemos:

- Porcentaje de grava (pasa 72.6mm .retenido 4.75mm)=54.3%
- Porcentaje de arena(pasa 4.75mm .retenido 0.075)=39.4%
- Porcentaje de limos y arcillas (pasa 0.075)=6.20%
- Coeficiente de uniformidad (CU) y coeficiente de curvatura (Cz)

➤ $D_{10}=0.19$	$C_u=48.04$
$D_{30}=0.78$	$C_z=0.35$
$D_{60}=9.11$	

Límite líquido (L.L) e índice plasticidad (P.I) del suelo que pasa la malla N° 40

L.L=17.96%

P.I=13.37%

Concluimos que es un suelo: **GP-GC=Grava mal graduada con arcilla y arena(o arcilla limosa y arena)**

4.3 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA

4.3.1 POBLACIÓN

a. Periodo de diseño

Para en caso de la Microcentral hidroeléctrica Chaupiloma-Chaupirume de acuerdo a su importancia y con los datos de la tabla 28 y considerando un periodo de diseño de 30 años.

b. Calculo de la población por el Método del interés compuesto

Primero se determina la tasa de crecimiento, para lo cual utilizamos los censos del INEI del año 1940 al 2007.

Figura 27. Tasa crecimiento departamento de Cajamarca zona rural.
 Fuente. INEI

Año	Población	periodo	Tasa de crecimiento
1940	416383		
1961	624081	21	0.019
1972	746020	11	0.016
1981	815274	9	0.010
1993	948673	12	0.013
2007	933832	14	-0.001
Sumatoria de años		67	

Cálculo de la tasa de crecimiento utilizando Ec.:

$$r = (P_f - P_i)^{1/(T_f - T_i)} - 1$$

$$r=0.0121$$

Cálculo de la población actual, utilizando la Ec.4

$$P_{2013} = P_0 \times (1 + r)^{T_f - T_i}$$

$$P_{2013}=499 \text{ habitantes}$$

Cálculo de la población de diseño, utilizando la E.4

$$P_{2043} = P_0 \times (1 + r)^{T_f - T_i}$$

$$P_{2043}=717 \text{ habitantes}$$

Por lo tanto la población de diseño es de 717 habitantes haciendo un aproximado de 144 FAMILIAS.

4.3.2 CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

a) Demanda doméstica:

Por la ubicación geográfica de la zona, se considera un consumo familiar de 0.200 kW. El número de familias beneficiadas es de estima en 84.

b) Alumbrado público:

Esta carga estará compuesta por 6 lámparas de vapor de mercurio de 0.080 kW, cada uno y serán instalados en los lugares estratégicos del poblado,

c) Demanda institucional:

Se considera de 1.00 kw por cada institución existente. Contamos con una escuela primaria y unas iglesias evangélicas.

d) Demanda industrial:

En la actualidad no existe demanda industrial, sin embargo se considera que una vez implementado el proyecto incremente estimando una demanda de 5 kW, que serán l producto de la instalación plantas de enfriamiento, carpinterías de madera, etc.

e) Demanda total:

Todas estas demandas no son satisfechas simultáneamente, por ejemplo el consumo industrial por ser una zona de poco desarrollo por las noches su uso será casi nulo, similar comportamiento tendrá el consumo doméstico durante el día. Esto hace necesario considerar y determinar la demanda diurna y nocturna por separado y comparar cuál de las dos es la máxima demanda de energía. (Ver cuadro adjunto).

f.s = factor de simultaneidad

f.u = factor de uso

Tabla 39. Cálculo de la demanda.
Fuente: Elaboración propia

Uso de la energía	Pot. Req. (kW)	Elementos	Demanda (kW)
Demanda domestica	0.20	144	28.80
Alumbrado publico	0.08	6	0.48
Demanda institucional	1.00	2	2.00
Demanda industrial	1.00	5	5.00

Tabla 40. Cálculo de la demanda máxima.
 Fuente: Elaboración propia

Tipo de demanda	Demanda (kW)	Demanda diurna			Demanda nocturna		
		f.s	f.u	D.M	f.s	f.u	D.M
Demanda doméstica	28.8	0.40	0.50	5.76	0.80	0.70	16.13
Alumbrado público	0.48	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.48
Demanda institucional	2.00	0.70	0.80	1.12	0.40	0.50	0.40
Demanda industrial	5.00	0.70	0.70	2.45	0.40	0.50	1.00
		9.33			18.00		

Máxima demanda nocturna actual: 18.00 kW

Máxima demanda diurna actual: 9.33 kW

Tomando como base la mayor demanda actual, en este caso los centros poblados de Chaupirume y Chaupiloma necesitan contar con 18.00 kW, considerando un 10% de pérdida de energía en la red eléctrica y un 60% más proyectado para 30 años; la demanda real es de: $18.00 \times 1.10 \times 1.60 = 31.68$ kW.

4.4 HIDROLOGÍA

Parámetros hidrológicos de la cuenca del Río Chotano

Tabla 41. Resumen de estudio hidrológico.
 Fuente: Elaboración propia

Descripción	símbolo	valor	unidad
Área de la cuenca	A_{ch}	287.88	km ²
Perímetro de la cuenca	P	73.96	km
Índice de compacidad	K_c	1.22	
Pendiente del cauce	sc	2.83	%
Tiempo de concentración	T_c	60.76	min

Parámetros hidrológicos de la cuenca del Río Choro

Tabla 42. Resumen de estudio hidrológico.
 Fuente: Elaboración propia

Descripción	símbolo	valor	unidad
Área de la cuenca	A	19.62	km ²
Perímetro de la cuenca	P	27.55	km
Altitud media	H_m	3550	m.s.n.m
Altitud más frecuente	H_f	3800	m.s.n.m
Altitud de frecuencia media	H_{fm}	3527.63	m.s.n.m
Factor de forma	F	0.47	

índice de compacidad	Kc	1.54	
índice de pendiente	Ip	7.613	
Pendiente de la cuenca	S	6.61	%
Pendiente del cauce	sc	1.76	%
Tiempo de concentración	Tc	45.34	min
Coefficiente de escorrentía	C	0.46	

4.4.1 CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS

Los caudales máximos para el río Choro serán calculados en base a los caudales del río del río Chotano los que serán transferidos en base al método del Análisis Dimensional .para establecer una transferencia, tomamos como indicador de compacidad al coeficiente de compacidad el cual será relacionado con el tiempo de concentración de la cuenca y que para este caso ambas cuencas presenta similares coeficientes de compacidad.

Caudales a transferir al punto emisor en estudio

Para el efecto ,se parte de los datos obtenidos de caudales máximos anuales aforados desde 1975 hasta 1999, en la estación limnimétrica del Río Chotano , ubicada en el distrito de Lajas a 12 km de la ciudad de chota , cuyos valores se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 43.Caudales máximos del Río Chotano.
 Fuente. Tesis "Estudio de fallas en estructuras de alta montaña (caso bocatoma Tres Molinos)"

N°	Año	Caudal máximo (m3/sg)	N°	Año	Caudal máximo (m3/sg)
1	1975	88.25	14	1988	37.76
2	1976	39.53	15	1989	73.43
3	1977	66.29	16	1990	51.21
4	1978	14.29	17	1991	36.96
5	1979	56.99	18	1992	27.11
6	1980	17.79	19	1993	62.20
7	1981	28.54	20	1994	96.16
8	1982	54.99	21	1995	34.87
9	1983	50.87	22	1996	29.93
10	1984	78.11	23	1997	47.83
11	1985	16.49	24	1998	97.28
12	1986	72.80	25	1999	85.80
13	1987	31.72			

Usando la ecuación de transferencia E. 99, obtenemos los caudales máximos para el río Chotano cuyo punto emisor es la bocatoma Chaupiloma -Chaupirume

$$Q_e = \left[\frac{(A_{ch}^{\frac{3}{2}} \times T_{cch})}{(A_e^{\frac{3}{2}} \times T_{ce})} \right] \times Q_{ch}$$

$$Q_e = \left[\frac{(287.88^{\frac{3}{2}} \times 160.76)}{(19.62^{\frac{3}{2}} \times 45.34)} \right] \times Q_{ch}$$

$$Q_e = 0.199 \times Q_{ch}$$

Tabla 44. Caudales máximos transferidos a la bocatoma Chaupiloma-Chaupirume.
 Fuente. Elaboración propia.

Nº	Año	Caudal máximo (m3/sg)
1	1975	5.5670
2	1976	2.4936
3	1977	4.1822
4	1978	0.9017
5	1979	3.5952
6	1980	1.1223
7	1981	1.8003
8	1982	3.4693
9	1983	3.2092
10	1984	4.9277
11	1985	1.0401
12	1986	4.5924
13	1987	2.0012
14	1988	2.3818
15	1989	4.6322
16	1990	3.2305
17	1991	2.3317
18	1992	1.7105
19	1993	3.9242
20	1994	6.0662
21	1995	2.1997
22	1996	1.8880
23	1997	3.0174
24	1998	6.1370
25	1999	5.4127

Tabla 45. Caudales máximos transferidos ordenados de forma descendente
 Fuente. Elaboración propia.

Nº	Año	Caudal máximo (m3/sg)
1	1975	6.14
2	1976	6.07
3	1977	5.57
4	1978	5.41
5	1979	4.93

6	1980	4.63
7	1981	4.59
8	1982	4.18
9	1983	3.92
10	1984	3.60
11	1985	3.47
12	1986	3.23
13	1987	3.21
14	1988	3.02
15	1989	2.49
16	1990	2.38
17	1991	2.33
18	1992	2.20
19	1993	2.00
20	1994	1.89
21	1995	1.80
22	1996	1.71
23	1997	1.12
24	1998	1.04
25	1999	0.90

El cálculo de la descarga máxima, de acuerdo con la revisión literaria, se lo hace mediante el método modelo de la distribución de Gumbel tipo I.

Calculo de los descriptores numéricos de tendencia central. Como de dispersión para la serie:

- Media muestral $X=3.273$
- Desviación estándar $S=1.587$ m³/sg
- Varianza muestral: $S^2=2.519$

Parámetros de la distribución Gumbel

Los parámetros α y β de la serie empírica son cálculos con las ecuaciones Ec.108 y Ec 109y de la tabla 20 , para una serie de datos igual a 25 .

Luego tenemos:

- $\alpha = 0.688$
- $\beta=2.501$

Tabla 46. Prueba de bondad de ajuste de Smirnov –Kolmogorov.
 Fuente: Elaboración propia

N° orden	Qmax (m3/sg)	P(x<X)	P(x>X)	F(x<X)	P(x<X)-F(x<X)
		m/(N+1)	1-P(x<X)		
1	6.14	0.0385	0.962	0.921	0.0403
2	6.07	0.0769	0.923	0.917	0.0056
3	5.57	0.1154	0.885	0.8856	0.0010
4	5.41	0.1538	0.846	0.8737	0.0275
5	4.93	0.1923	0.808	0.8282	0.0205
6	4.63	0.2308	0.769	0.7937	0.0245
7	4.59	0.2692	0.731	0.7887	0.0579
8	4.18	0.3077	0.692	0.7299	0.0376
9	3.92	0.3462	0.654	0.6867	0.0328
10	3.60	0.3846	0.615	0.6242	0.0088
11	3.47	0.4231	0.577	0.5981	0.0212
12	3.23	0.4615	0.538	0.5457	0.0073
13	3.21	0.5000	0.500	0.5409	0.0409
14	3.02	0.5385	0.462	0.4960	0.0344
15	2.49	0.5769	0.423	0.3659	0.0571
16	2.38	0.6154	0.385	0.3377	0.0469
17	2.33	0.6538	0.346	0.3251	0.0211
18	2.20	0.6923	0.308	0.2921	0.0156
19	2.00	0.7308	0.269	0.2440	0.0252
20	1.89	0.7692	0.231	0.2177	0.0131
21	1.80	0.8077	0.192	0.1980	0.0057
22	1.71	0.8462	0.154	0.1786	0.0248
23	1.12	0.8846	0.115	0.0757	0.0397
24	1.04	0.9231	0.077	0.0651	0.0118
25	0.90	0.9615	0.038	0.0496	0.0111
Max P(x<X)-F(x<X)					0.0579

Tomando el mayor número absoluto de la diferencia entre el valor observado y el valor teórico del modelo calculado se tiene $\Delta=0.058$

El valor crítico del estadístico Δ_0 , para un tamaño de muestra a 25 y un nivel de significación $\alpha=0.05$ es igual a 0.27.

Por lo tanto:

Si $\Delta < \Delta_0$, el ajuste es bueno para el nivel de significación $\alpha=0.05$

Como $0.058 < 0.26$, se acepta el nivel de significación

Simulación del modelo para obtener caudales máximos

Para este caso consideramos una vida útil de 30 años.

Tabla 47. Simulación del modelo para una vida útil de 30 años.
 Fuente. Elaboración propia.

Vida útil años	Tr. (%)	Riesgo de falla J(%)	$X = \beta - \frac{1}{\alpha} LN \left[-LN \left(1 - \frac{1}{Tr} \right) \right]$
"N"	Tr (años)	J	X
30	10	95.76%	5.774
	15	87.38%	6.390
	20	78.54%	6.821
	25	70.61%	7.153
	30	63.83%	7.423
	35	58.09%	7.651
	40	53.21%	7.847
	50	45.45%	8.176
	55	42.33%	8.316

Por lo tanto para diseñar la estructura de captación se elige el caudal de 8.31m³/sg para un tiempo de vida útil de 30 años.

El periodo de retorno sirve para proteger una estructura contra un evento hidrológico de máxima avenida.

4.4.2 CALCULO DE CAUDALES MÍNIMOS

De acuerdo con los datos históricos de la estación Weberbauer podemos concluir que la época de estiaje o de menor caudal está dada entre los meses de Julio a Octubre, por ser la época donde la lluvias son escasas.

Determinada la época de estiaje procedemos a realizar los aforos del rio, que deben llevarse a cabo durante este periodo. Para realizar el aforo utilizamos el método del flotador

Procedimiento:

En un tramo recto del rio ubicamos la sección A y la sección B, que estarán separadas entre sí 10 m.

Medimos el ancho del rio

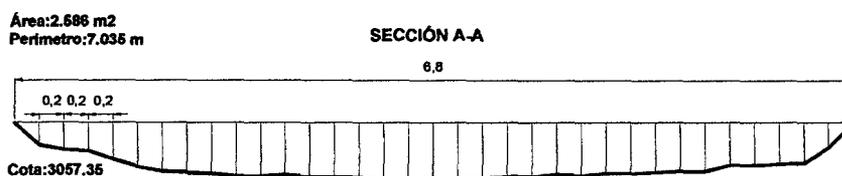
Luego procedemos a calcular el área de la sección A y B, para obtener este dato dividimos la sección del rio en tramos de 20 cm y medimos la altura desde el fondo del rio hasta la superficie del agua, en cada tramo., formando de esta manera pequeños trapecios, la suma de las áreas de cada trapecio nos dará el área de la sección buscada.

Fotografía 2. Medida de la sección del río
Fuente: Elaboración propia



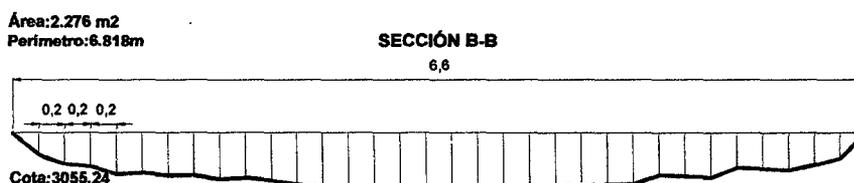
Sección A-A

- $L=6.8$ m, ancho del río en el punto A
- $P=7.05$, perímetro mojado del río en el punto A.
- $A=2.58$, área de la sección del río en el punto A



Sección B-B

- $L=6.6$ m, ancho del río en el punto B
- $P=6.82$, perímetro mojado del río en el punto B
- $A=2.28$, área de la sección del río en el punto B



Se suelta el flotador de madera en el punto A y se toma el tiempo que demora en llegar al punto B, este procedimiento se repita unas cuantas veces, soltando el

flotador de madera de diferentes partes del río para tener mejores resultados, luego se saca un promedio de estos tiempos y se calcula la velocidad del flotador y para finalizar con el promedio de las área de las sección y la velocidad del flotador se calcula el caudal que estará afectado por un coeficiente de corrección de 0.75 debido a que la velocidad del agua en las orillas y en el fondo es menor que en el centro del cauce.

Tabla 48. Aforos del Río Choro en el mes de setiembre del 2011.
 Fuente. Elaboración propia

Día de aforo	Long.tramo río (m)	tiempo (sg)	Vel. Promedio (m/sg)	A.promedio (m2)	Caudal (m3/sg)	Caudal (L/sg)
26/09/2011	10.00	45.25	0.09	2.43	0.22	215.98
27/09/2011	10.00	48.26	0.08	2.38	0.20	197.54
28/09/2011	10.00	50.12	0.08	2.67	0.21	213.09
29/09/2011	10.00	60.12	0.07	2.40	0.16	159.68
30/09/2011	10.00	39.00	0.10	2.80	0.29	287.18

Tabla 49. Aforos del Río Choro en el mes de agosto del 2012.
 Fuente. Elaboración propia

Día de aforo	Long.tramo río (m)	tiempo (sg)	Vel. Promedio (m/sg)	A.promedio (m2)	Caudal (m3/sg)	Caudal (L/sg)
13/08/2012	10.00	60.45	0.07	2.30	0.15	152.19
14/08/2012	10.00	70.14	0.06	2.28	0.13	130.03
15/08/2012	10.00	58.00	0.07	2.33	0.16	160.69
16/08/2012	10.00	39.00	0.10	2.82	0.29	289.23

Tabla 50. Aforos del Río Choro en el mes de junio del 2012.
 Fuente. Elaboración propia

Día de aforo	Long.tramo río (m)	tiempo (sg)	vel. Promedio (m/sg)	A.promedio (m2)	Caudal (m3/sg)	Caudal (L/sg)
03/06/2013	10.00	30.10	0.13	2.88	0.38	382.72
04/06/2013	10.00	42.00	0.10	2.75	0.26	261.90
05/06/2013	10.00	32.00	0.13	2.85	0.36	356.25
06/06/2013	10.00	29.00	0.14	2.91	0.40	401.38
07/06/2013	10.00	25.00	0.16	2.95	0.47	472.00

De los aforos realizados podemos observar que el caudal mínimo es de 130.0 L/sg tomado el 14 de agosto del 2012.

4.4.3 CALCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO

Partiendo de la demanda energética calculada, que es igual a 31.68 KW y considerando un rendimiento de 0.7 para la turbina, multiplicador generador y además un 20% para un periodo de 30 despejamos en la Ec. 1

$$P_{inst} = \gamma \times Q_e \times H_n \times n_t \times n_m \times n_g \times n_{tr}$$

$$Q_e = \frac{1.30 \times P_D}{9.81 \times 0.7 \times H_n \times 0.95}$$

Datos:

- $P_D=31.68$
- $H_n=75.35$
- $H_f=5\%$, pérdida de carga en la tubería
- Q_e =caudal de diseño o de equipamiento

Reemplazando

$$Q_e = \frac{1.25 \times 31.68}{9.81 \times 0.7 \times 75.35 \times 0.95}$$

$$Q_e=0.085 \text{ m}^3/\text{sg}$$

El caudal de diseño debe ser menor que el caudal mínimo del rio para poder asegurar el abastecimiento de energía durante todo el año.

$$Q_e < Q_{\min}$$

$$0.085 < 0.13$$

Como se cumple con la condición el caudal de diseño será $0.085 \text{ m}^3/\text{sg}$

4.5 OBRAS CIVILES

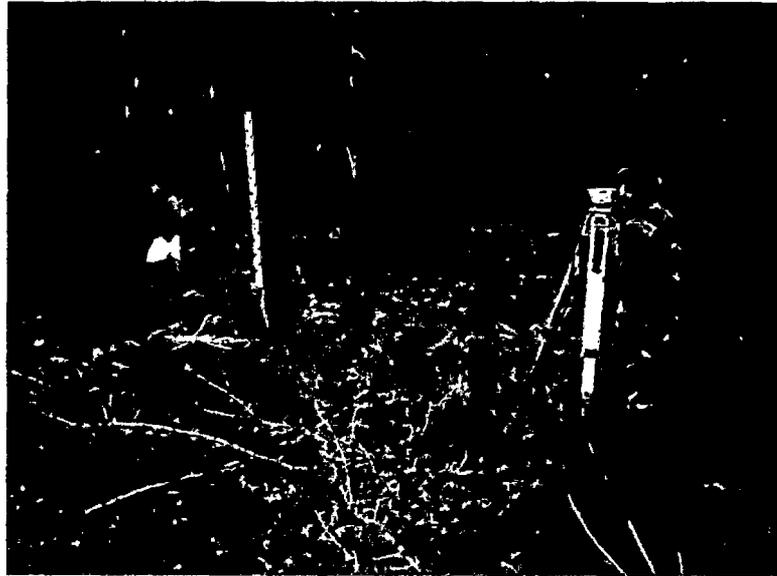
4.5.1 DISEÑO DEL CANAL DE CONDUCCIÓN

De acuerdo a los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos tenemos que los suelos que conforman el canal se clasifican en se clasifican en suelos de grava mal graduada con arena y arena mal graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava), y como se sabe este tipo de suelo tiene una alta pérdida de carga por infiltración, por lo que es necesario realizar un canal revestido para filtrar el agua, por esta razón el canal debe ser revestido.

Por otra parte teniendo en cuenta el criterio de máxima eficiencia hidráulica la geometría de canal será trapezoidal, además se puede utilizar el método de las cerchas para revestir e canal, permitiendo un ahorro de tiempo durante la construcción y de costo. Al requerir menor cantidad de materiales.

Para realizar el pre dimensionamiento del canal se utilizara la fórmula de Manning.

Fotografía 3. Punto de ubicación del inicio del canal
 Fuente: Elaboración propia



Datos:

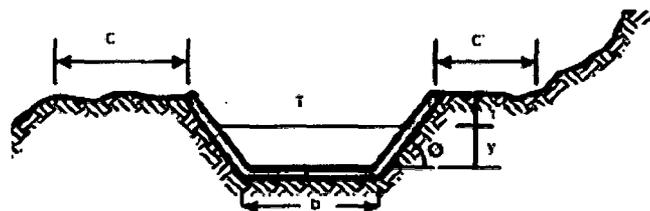
- $Q_e = 0.085 \text{ m}^3/\text{sg}$
- $S = 0.002 \text{ (2\%)}$,
- $\phi = 53.13$, ángulo del talud.
- $n = 0.01$, coef. Manning para un canal revestido enlucido.
- $t = 10 \text{ cm}$

Tabla 51. Cálculo de las dimensiones del Canal
 Fuente: Elaboración propia

y	b	A	P	R ^{2/3}	S ^{1/2}	V (m/sg)	Error
0.2	0.30	0.083	0.76	0.228	0.045	1.021	0.0003

Tabla 52. Dimensiones del canal
 Fuente: Elaboración propia

Datos obtenidos		Und
C	0.6	m
C'	0.2	m
T	0.53	m
b	0.30	m
y	0.20	m
t	0.10	m
H	0.53	m
∅	53.00	grados



4.5.2 DISEÑO HIDRAULICO DE LA BOCATOMA



4.5.2.1. Ventana de captación o bocal

Usando la ecuación Ec. 5

$$Q_d = C \times L_b \times h_0^{3/2}$$

Donde:

- $Q_d=8.32 \text{ m}^3/\text{sg.}$
- $C=1.84$, funciona como vertedero
- $L_b=0.50 \text{ m}$, se asume.
- $h_s=0.20 \text{ m}$

Despejando y reemplazando de la Ec 5 tenemos:

$$h_0 = \left(\frac{8.32}{1.84 \times 0.50} \right)^{2/3}$$

$$h_0 = 0.20 \text{ m}$$

Altura total de la ventana Ec 7:

$$h_t = h_0 + bl$$

$bl=0.20$, borde libre recomendado

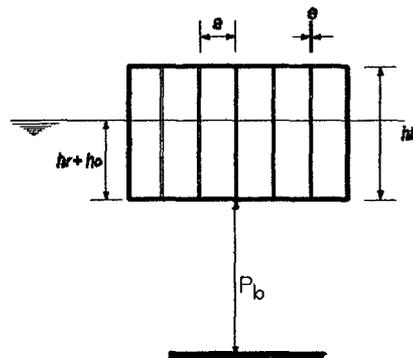
$$h_t = 0.20 + 0.20 = 0.40 \text{ m}$$

a. Calculo del espesor del umbral "E"

Se recomienda un espesor de 25 cm

b. Calculo de la pérdida de Carga por Rejilla "hr"

Figura 28. Rejilla de entrada.
 Fuente: Elaboración propia.



Valores de K para algunas formas de barrotes:

		
2.42	0.76	1.79

c. Calculo de la Velocidad del agua frente a la rejilla (V1)

Donde:

- K=1.79
- e=2.54 cm
- a=10.16 cm
- V1=0.85 m/sg
- b=0°, con respecto del rio
- e/a=0.254
- C=1.1, factor de corrección
- α=30°

Reemplazando en la Ec 6

$$V_1 = \frac{0.085}{0.5 \times 0.20} = 0.85 \text{ m/sg}$$

$$h_r = 1.79 \times (0.254)^{4/3} \times \frac{0.85^2}{2 \times 9.81} \times \text{sen}30^\circ = 0.005 \text{ m}$$

$$h_r = 0.006 \text{ m , valor corregido}$$

Para calcular en número de varillas Ec 8:

$$N^{\circ} \text{ var} = \frac{0.50}{10.16 + 2.54} = 4 \text{ var.}$$

La altura total de la captación es h_b contando la pérdida de carga Ec 9:

$$h_b = 0.20 + 0.006 + 0.20 = 0.41m$$

d. Calculo de la altura del Umbral del Bocal (P_b)

Usando la Ec 10:

Donde:

- $\overline{X}_d = 0.15 \text{ m}$
- $d_{50} = 0.48$, curva de distribución granulométrica de C-1

$$P_b = 1.30 \times (0.15 + 0.48) = 0.20m$$

Pero no puede ser menor de 0.40 por lo que P_b será igual a 0.40 m

e. Calculo de la altura total del barrage "P"

Usando la Ec 11:

Donde:

- $h_b = 0.41$
- $P_b = 0.40$
- $BI = 0.20$

$$P = 0.40 + 0.41 + 0.20 = 101m$$

4.5.2.2 Diseño del Barraje vertedero o azud

a. Calculo de la Carga en Máximas Avenidas "H":

Usando la Ec 12:

Donde:

- $Q_{\text{máx}} = 8.32 \text{ m}^3/\text{sg}$
- $b = 7.5$ ancho del río

- C=2 coeficiente de descarga para un vertedero cinaseo .
- $C_{dD}=0.494$
- T=0.48 m
- H=altura de lámina de vertiente

$$H = \left(\frac{Q_{m\acute{a}x}}{b \times C_{dD} \times \sqrt{2g}} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.64 \text{ m}$$

b. Cálculo de la Velocidad en la cresta del barraje (Vh):

Usando y reemplazando en las ecuaciones Ec 13, Ec 14 y Ec 15 tenemos:

$$V_h = \frac{8.32}{7.5 \times 0.69 \times 0.64} = 2.53 \text{ m/s}$$

Cálculo de la pérdida por fricción (h_f):

$$h_f = \frac{0.1 \times 2.53^2}{2 \times 9.81} = 0.033 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$H_0 = 0.64 - \frac{2.53^2}{2 \times 9.81} = 0.31 \text{ m}$$

c. Calculo de los Radios y Distancias del Barraje:

Radios:

- $R1=0.5 \times 0.31=0.155$
- $R2=0.2 \times 0.31=0.062$

Distancias:

- $X1=0.175 \times 0.31=0.054$
- $X2=0.24 \times 0.31=0.09$

d. Calculo de las coordenadas del punto de tangencia:

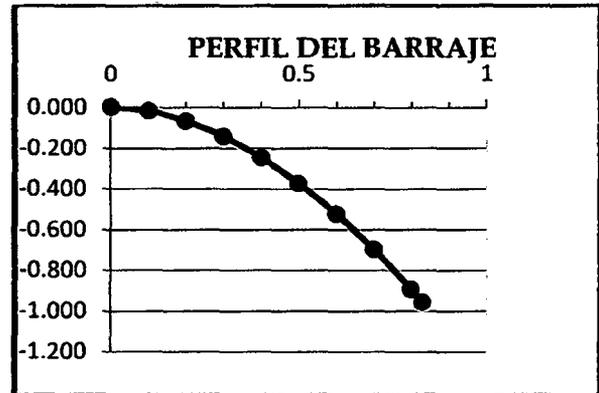
Usando la Ec 16:

$$\frac{1.85 \times X \times t^{0.85}}{2H^{0.85}} = \frac{1}{Z}$$

$$X_t = 0.21$$

$$Y_t = 0.08$$

X	Y	(-) Y
0	0.000	0.000
0.1	0.019	-0.019
0.2	0.069	-0.069
0.3	0.146	-0.146
0.4	0.248	-0.248
0.5	0.375	-0.375
0.6	0.526	-0.526
0.7	0.700	-0.700
0.8	0.896	-0.896
0.83	0.959	-0.959



4.5.2.3 Diseño del solado o colchón disipador de energía

a. Cálculo del tirante crítico d_1 y V_1 :

Caso 1: Primera aproximación para d_1 y V_1 usando Ec 17:

Donde:

- $r=0.50$
- $d_1=0.18$

$$V_1 = \left[2 \times 9.81 \times \left(0.50 + 1.01 + 0.64 - 0.18 \times \frac{0.9 \times 2.53^2}{2 \times 9.81} \right) \right]^{1/2} = 6.65 \text{ m/}$$

Caso 2: Segunda aproximación para d_1 y V_1 usando Ec 18:

- Caso 2:
- $d_1=0.17$

$$V_1 = \frac{8.32}{0.17 \times 0.48} = 6.52 \text{ m/sg}$$

Se asumen valores para d_1 en el caso 1 y caso 2 hasta que las velocidades sean casi iguales.

b. Hallamos el tirante conjugado d_2 y d_n

$$d_2 = -\frac{0.175}{2} + \left(\frac{0.175^2}{4} + \frac{2 \times 0.175 \times 6.659^2}{9.81} \right)^{1/2} = 1.16 \text{ m}$$

Además

$$d_n = d_2 - r$$

$$d_n = 1.15 \times 1.16 - 0.5 = 0.66 \text{ m}$$

c. Hallando la longitud del colchón de amortiguamiento (LD)

Según Schoklitsch Ec 21:

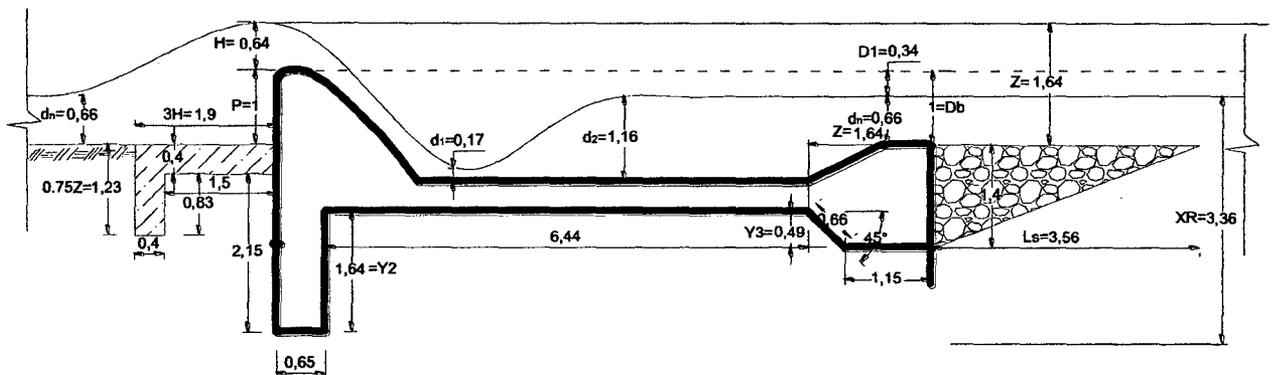
$$LD = 5 \times (1.16 - 0.66) = 4.9 \text{ m}$$

Según Safranez Ec 22:

$$LD = 4 \times 1.16 = 4.62 \text{ m}$$

Por lo tanto tenemos que la longitud del colchón de amortiguamiento es 5.00 m

Figura 29. Longitud del colchón disipador.
 Fuente: Elaboración propia



- $Z=1.64$
- $Y_1 = (0.75 - 0.80) \times 1.64 = 1.23 \text{ m}$
- $Y_2 = (1.0 - 1.5) \times 1.64 = 1.64 \text{ m}$
- $Y_3 = (0.30) \times 1.64 = 0.49 \text{ m}$

d. Solado sampeado (Ss)

$$Ss = 3 \times 0.64 = 1.90 \text{ m}$$

e. Espesor de losa (Esa)

- Esa=d1=0.17 m
- Esa= 0.20 m

f. Enrocado de protección o escollera (Ls)

- $D_b=1.0\text{m}$, de dibujo AutoCAD
- $D_1=0.34$, de dibujo AutoCAD
- $q = 1.22$ avenida de diseño por unidad de longitud del vertedero
- $C=9$, coeficiente de Bligh
- $D=1.39$, de dibujo AutoCAD

$$L_t = 0.67 \times 9 \times (1 \times 1.22)^{1/2} = 6.67 \text{ m}$$

$$L_o = 0.60 \times 9 \times 0.34^{\frac{1}{2}} = 3.15 \text{ m}$$

$$L_s = 6.67 - 3.15 = 3.52$$

g. Altura del dentellón (D)

$$XR=1.39+0.66=2.05$$

h. Espesor del solado o colchón disipador

El espesor se ubica en el centro de la longitud del colchón de amortiguamiento.

$$e = \frac{h}{w-1}$$

Donde :

- $W=2400 \text{ kg/cm}^2$
- $e \geq 0.40 \text{ m}$:

$$hf = 0.1 \frac{2.53^2}{2 \times 9.81} = 0.033$$

Donde:

- $S_p=12.1$
- $S_t=18.55$

$$hf = h \left(\frac{12.1}{18.55} \right)$$

Despejando h y reemplazando los valores correspondientes tenemos:

- $h=0.050 \text{ m}$
- $e=0.0000208$

Observamos que "e" es menor que 0.40, pero la recomendación es que:

$$e_{min} \geq 0.40 \text{ m}$$

por lo que $e=0.40 \text{ m}$

$$\Delta h = 1.01 + 0.64 - 1.16 + 0.50 = 4.88 \text{ m}$$

$$q = \frac{8.32}{7.5} = 1.22$$

$$e_1 = 0.2 \times 1.22^{0.5} \times 4.88^{0.25} = 0.33 \text{ m}$$

$$e_1 = 0.40 \text{ m}$$

i. Muros de encauzamiento:

a. Altura de los muros de encauzamiento: Para encontrar estos valores usamos las Ec 32 y E 33:

- ***Muro aguas arriba***

Donde:

- $bl=0.50$
 - $Hu = 0.64 + 10.1 + 0.50 = 2.14 \text{ m}$

- ***Muro aguas abajo***

Donde:

- $F1=5.08$

$$HD = \left(1.10 - \frac{5.08}{20} \right) \times 20 + 0.50 = 0.28 \text{ m}$$

$$HD = 0.30 \text{ m}$$

b. Cálculo de la erosión

Transporte de sólidos:

Sección A-A	Sección B-
$A_a = 2.586 \text{ m}^2$	$A_b = 2.276 \text{ m}^2$
$C = 3057.35 \text{ msnm}$	$C = 3055.24 \text{ msnm}$
$P_m = 7.035 \text{ m}$	$P_m = 6.818 \text{ m}$

Capacidad hidráulica del rio

- $A_p = 2.431 \text{ m}^2$
- $S = 0.0211 = 2.11\%$
- $P_{mp} = 6.9265 \text{ m}$
- $n = 0.035$, coeficiente de Manning

Aplicando Manning Ec 45

$$Q = 5.020 \text{ m}^3/\text{sg}$$

Calculo del gasto sólido de fondo para caudal máximo de diseño:

- $b = 7.5$, ancho del rio
- $D_{40} = 0.00238 \text{ m}$
- $G = 38.14 \text{ kg}/\text{sg}$
- $Q_{\text{máx}} = 8.32 \text{ m}^3/\text{sg}$
- $G = 63.39 \text{ kg}/\text{sg}$

Determinación de la erosión aguas debajo de la estructura

Según Eggemberger (1943)

Donde:

- $Q_{\text{máx}} = 8.32 \text{ m}^3/\text{sg}$
- $b = 7.5 \text{ m}$
- $q = 1.11 \text{ m}^3/\text{sg}/\text{m}$
- $C = 15.4$, Según Muller para flujo vertido libremente
- $H = 0.64$, caída de agua de la estructura aguas abajo
- $D_{90} = 24.92 \text{ mm}$
- hd = tirante aguas debajo de la estructura, luego de la zona de erosión.

Para calcular hd utilizaremos Manning

Donde:

- $S=0.0583$, pendiente aguas abajo de la estructura
- $n=0.04$
- $hd=0.212443018$

Para calcular la socavación se sustituye los datos en la ecuación de Eggemberger Ec 34:

$$S = 15.4 \times \frac{0.64^{0.5} \times 0.45^{0.6}}{24.92^{0.40}} - hd = 3.07 \text{ m}$$

Altura total del muro

- $H_m = H_u + S$
- $H_m = 5.21 \text{ m}$

b. Longitud de los muros de encauzamiento

Encontramos la curva de remanso usando el Hcanales:

Datos:

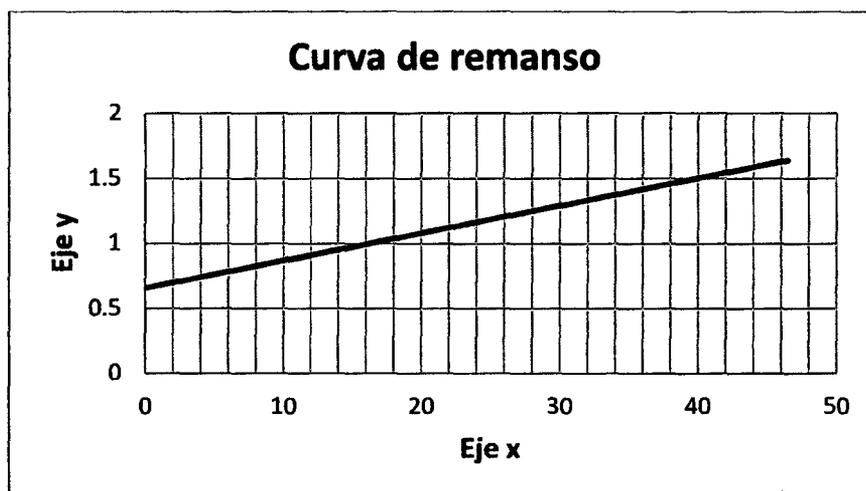
- $Q=8.32 \text{ m}^3/\text{sg}$
- $T=7.5$
- Talud=0
- pendiente=0.0211
- rugosidad=0.14
- tirante $d_n=0.66$
- tirante $P+h=1.64$
- # tramos=10

Resultados parciales

y	A	P	R	T	v	Se	$1-Q^2T/gA^3$	S_0-Se	f(y)	deltax	x
0.66	4.488	8.12	0.5527	6.8	0.0189	0.000015	0.9999	0.021085	47.43	—	—
0.758	5.1544	8.316	0.6198	6.8	0.0165	0.00001	1	0.02109	47.41	4.65	4.65
0.856	5.8208	8.512	0.6838	6.8	0.0146	0.000007	1	0.021093	47.41	4.65	9.29
0.954	6.4872	8.708	0.745	6.8	0.0131	0.000005	1	0.021095	47.4	4.65	13.94
1.052	7.1536	8.904	0.8034	6.8	0.0119	0.000004	1	0.021096	47.4	4.65	18.58
1.15	7.82	9.1	0.8593	6.8	0.0109	0.000003	1	0.021097	47.4	4.65	23.23
1.248	8.4864	9.296	0.9129	6.8	0.01	0.000002	1	0.021098	47.4	4.65	27.87
1.346	9.1528	9.492	0.9643	6.8	0.0093	0.000002	1	0.021098	47.4	4.64	32.52
1.444	9.8192	9.688	1.0135	6.8	0.0087	0.000001	1	0.021099	47.4	4.64	37.16
1.542	10.4856	9.884	1.0609	6.8	0.0081	0.000001	1	0.021099	47.4	4.64	41.81
1.64	11.152	10.08	1.1063	6.8	0.0076	0.000001	1	0.021099	47.4	4.64	46.45

Resultados finales

x	y
0	0.66
4.65	0.758
9.29	0.856
13.94	0.954
18.58	1.052
23.23	1.15
27.87	1.248
32.52	1.346
37.16	1.444
41.81	1.542
46.45	1.64



4.5.2.4 Diseño por estabilidad

Control de filtración:

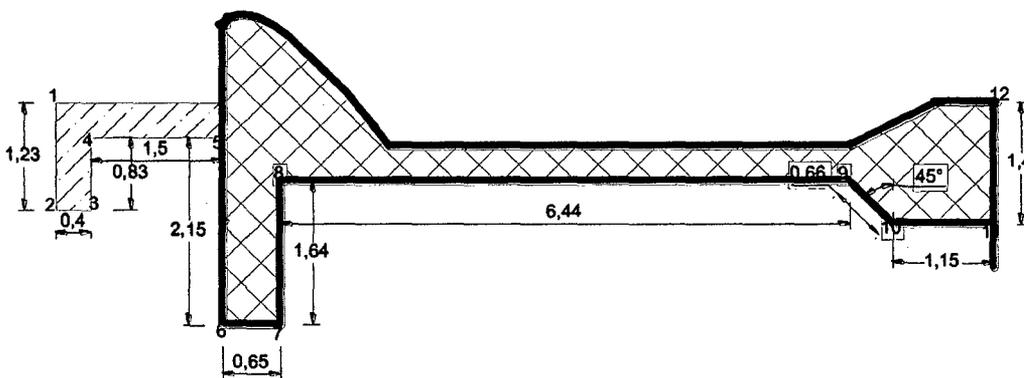
$$S \geq C \times \Delta h$$

Donde

- S=camino de percolación
- C=coeficiente de BLIGH
- $\Delta h=0.98$ diferencia del nivel aguas arriba y aguas abajo
- CL=4

Corregido por Lane:

Figura 30. Camino de percolación.
 Fuente: Elaboración propia



$$L_H = 1.23 + 0.83 + 2.17 + 1.64 + 0.68 \times \cos 45 + 1.4 = 7.75$$

$$L_V = 0.40 + 1.5 + 0.65 + 6.44 + 0.68 \times \sin 45 + 1.15 = 10.62$$

$$S = \frac{1}{3} \times LH + LV = 13.20$$

Comprobación

$$St > S > \Delta h \times CL$$

$$18.55 > 13.20 > 3.9 - \text{Si cumple}$$

a. Cálculo de las presiones parciales por el Método de Lane Ec 37

$$P_i = Z - Z \left(\frac{L_i}{L} \right)$$

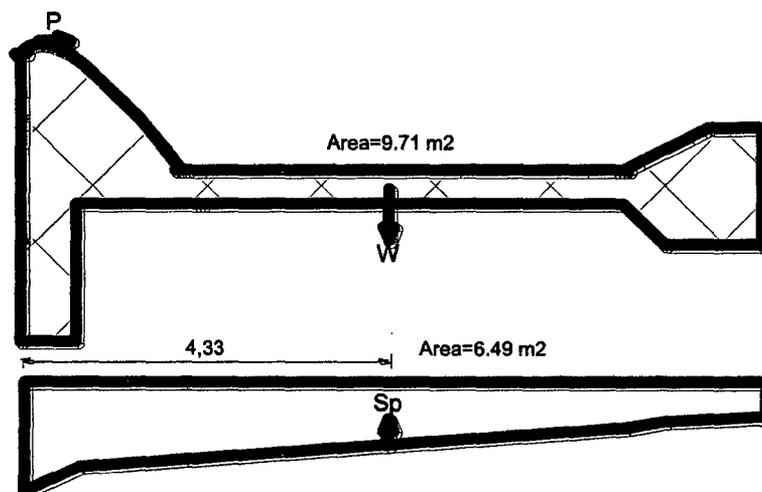
Donde:

$$Z = 1.64 \text{ m.}$$

Punto	Li	Pi
1	0.00	1.64 m.
2	1.23	1.49 m.
3	1.36	1.47 m.
4	2.19	1.37 m.
5	2.69	1.31 m.
6	4.86	1.04 m.
7	5.08	1.01 m.
8	6.72	0.81 m.
9	8.87	0.54 m.
10	9.51	0.46 m.
11	9.89	0.41 m.
12	11.29	0.24 m.

Con lo cual obtenemos el siguiente diagrama de presiones:

Figura 31. Cálculo de las presiones parciales.
 Fuente: Elaboración propia



b. Cálculo de la supresión Sp

Se calcula la supresión obteniendo el área del gráfico (Obtenida del AutoCAD) y multiplicándola por el ancho del barraje:

- $b=6.80$ m. (Ancho del barraje)
- $A =6.49$ m²

$$S_p = A \cdot T$$

$$S_p = 44.13 \text{ tn}$$

c. Cálculo de la presión del fluido

Donde:

- $A =9.71$ m²
- $b=6.80$ m²
- $Y=1.00$ m.

$$P = 1.0 \times 9.71 \times 6.8$$

d. Peso propio de la estructura

Área de la sección Transversal =9.71 m²

- $w =2.3\text{tn/m}^3$
- $T =1.00$ m.

$$W =490.07\text{Tn}$$

e. Verificación por volteo

Con respecto a O, usando la Ec 39:

- $M_V = 490.07 \times 4.33 - 44.13 \times 4.33 = 1930.89 \text{ Tn}$
- $M_H = 66.03 \times 1.64 = 108.29 \text{ Tn}$

$$C_V = \frac{1930.89}{108.29} = 17.83 \geq 2 \dots \text{ok}$$

f. Verificación por desplazamiento

- $C = 445.93 \text{ Tn}$
- $F_V = 66.03 \text{ Tn}$
- $f = 0.5$ (gravas)

$$C_d = \frac{445.93 \times 0.5}{66.03} = 3.38 \geq 2 \dots \text{ok}$$

g. Cálculo de la excentricidad

- N: Fuerza Cortante
- X: Distancia desde el punto "0"
- E: Diferencia entre el peso y la resultante
- $N = 490.07 - 44.13 = 445.93$

$$\sum M_0 = 490.07x + 66.03 \times 1.64 + 44.13 \times 4.33 - 490.07 \times 4.33 = 0$$

Despejando tenemos: $x = 3.72$

$$\frac{C}{3} \leq X \leq \frac{2C}{3}$$

$$C = 5.65$$

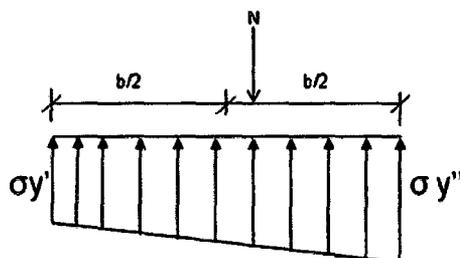
$$1.88 \leq X \leq 3.77$$

Por lo tanto:

- $e = 2.03 - 1.83 = 0.20 \text{ m}$

h. Cálculo de los esfuerzos admisibles, usando la Ec 43:

Figura 32. Cálculo de esfuerzos.
 Fuente: Elboración propia



$$\sigma_y = \frac{N}{b} \mp \frac{6 \times e \times N}{b^2}$$

$$\sigma'_y = \frac{490.07}{5.65} - \frac{6 \times 0.2 \times 490.07}{5.65} = 68.32$$

$$\sigma''_y = \frac{490.07}{5.65} + \frac{6 \times 0.2 \times 490.07}{5.65} = 105.16$$

4.5.2.5 Diseño del antecanal

Paso 1: Hallamos el tirante crítico Y_a y V_a

Cálculo del Caudal Máximo que ingresa por el Bocal

$$Q_{eo} = 2.39L'b \left[\left(hr + \frac{hb}{2} \right)^{1.5} - \left(hr - \frac{hb}{2} \right)^{1.5} \right]$$

$$L'b = E \left(\frac{Lb - E}{E + \Phi} + 1 \right)$$

$$hr = H_o + P \left(db \times tg\theta + \bar{X} + \frac{hb}{2} \right)$$

- $hb = 0.41\text{m}$
- $hr = 0.006\text{ m}$
- $E = 0.1016\text{ m}$
- $\Phi = 0.0254\text{ m}$
- $L'_b = 0.398\text{ m}$
- $Q_{eo} = 8.32\text{ m}^3/\text{s}$
- $Lb = 0.500\text{ m}$

$$hr + \frac{hb}{2} = y_a + 0.056 \frac{Q_{eo}^2}{y_a^2 \times Lb^2}$$

$$y_a = 2.426\text{m}$$

Hallamos el tirante conjugado y_b

$$y_b = \frac{y_a}{2} \times \left(\sqrt{1 + 8F1^2} - 1 \right), \text{ donde: } F1 = \frac{Q_{eo}}{\sqrt{g \times y_a \times Lb}}$$

- $F1=0.351\text{m}$
- $y_b=0.496\text{m}$, tomamos $y_b=0.50$

Hallamos la altura del antecanal

- $H_a=y_b+bl$
- $bl=0.2\text{ m}$
- $H_a=0.70\text{ m}$

Hallamos la longitud del antecanal

$$L_a = 6 \times y_a \times F1$$

$$L_a=5.10$$

Diseño de la compuerta de limpia

Paso1: Longitud de la compuerta:

Se puede considerar los valores de 0.05 a 0.1 de "T" (ancho de la sección del río)

- $L_c= 0.06 \times 7.5$
- $L_c=0.525$

Paso2: Altura de la compuerta

- $A_c= 1.00\text{ m}$

Se toma la altura del barraje usando Manning

$$Q = C \times A \times (2 \times g \times h)^{1/2} = C \times A \times V$$

- $Q=0.085$, caudal que debe pasar por la compuerta, m^3/sg
- $C=0.7$, coeficiente de descarga (0.6-0.8)
- A =área de abertura de la compuerta m^2
- $g= 9.81$, aceleración gravedad m^2/sg
- h =por lo general se estima de .15 -.3
- $V=2$, velocidad de diseño (2-2.5 m/sg)

Tomando la velocidad recomendada se despeja h

$$C \times A \times (2 \times g \times h)^{1/2} = C \times A \times V$$

$$(2 \times g \times h)^{1/2} = V$$

$$h=0.20$$

Conocida h despejamos b

$$Q = C \times A \times V$$

$$A=0.06$$

$$b=A/h \ 0.30$$

4.5.3 DISEÑO DEL DESARENADOR

Contamos con un caudal de $0.085\text{m}^3/\text{sg}$ y el diámetro de la partícula de 1mm por lo que tenemos una velocidad de decantación igual a 0.1 m/sg .

La velocidad horizontal del agua está entre los siguientes valores:

$$0.20\text{m/sg} \leq V_h \leq 0.40\text{m/sg}$$

Datos:

- $V_h=0.40 \text{ m/sg}$
- $V_d=0.1 \text{ m/sg}$
- $f=2$

Reemplazando en la Ec 47:

$$L_d = \frac{V_h}{V_d} \times d_d \times f$$

$$L_d = \frac{0.40}{0.1} \times 1 \times 2$$

$$L_d= 4.00 \text{ m}$$

Para el cálculo de ancho (W) utilizamos la ecuación Ec 49:

$$W = Q_{md} \times d_a / V_h$$

$$W = 1.05 \text{ m}$$

Calculo de la longitud de entrada y de salida Ec 51:

$$L_e = L_s = 1.5 W$$

$$L_e = L_s = 1.5 \times 1.58 = 1.60$$

Calculo de los tirantes y_1 y y_2 a partir del tirante del canal $y=0.20$:

$$y_1 = y + 0.15 \times L_e$$

$$y_2 = y_1 + 0.05 \times L_d = d_a + d_r$$

y1	y2	dr
0.44	0.64	0.13

4.5.4 DISEÑO DE CÁMARA DE CARGA

Contamos con un caudal de $0.085 \text{ m}^3/\text{sg}$ y el diámetro de la partícula de 1 mm por lo que tenemos una velocidad de decantación igual a 0.1 m/sg .

La velocidad horizontal del agua está entre los siguientes valores:

$$0.20 \text{ m/sg} \leq V_h \leq 0.40 \text{ m/sg}$$

Datos:

- $V_h = 0.40 \text{ m/sg}$
- $V_d = 0.1 \text{ m/sg}$
- $f = 2$

Reemplazando en la siguiente ecuación tenemos:

$$W = Q_e \times \frac{d_a}{V_h}; W = 1.05$$

Calculo de la longitud de entrada y de salida: $L_e = W$

$$L_e = 1.05$$

Encontramos los valores de y_1 y y_2

Calculo de los tirantes y_1 y y_2 a partir del tirante del canal $y=0.20$:

$$y_1 = y + 0.15 \times L_e$$

$$y_2 = y_1 + 0.05 \times L_d = d_d + d_r$$

y_1	y_2	d_r
0.36	0.56	0.059

Para un diámetro de tubería de 9" tenemos una altura de salida de 20 cm y el cálculo de la profundidad de la cámara de carga está dada por:

$$P = \text{altura de salida} + 4.5D + y_3$$

Donde:

$$y_3 = y + 2 a 3cm ; y_3 = 0.20 + 0.03 = 23cm$$

$$P=0.20+0.23+0.23=0.66 \text{ cm}$$

4.5.5 TUBERÍA DE PRESIÓN.

Como ya hemos mencionado la tubería de presión se caracteriza por el material del que está hecha, su diámetro, espesor y tipo de unión.

Para el caso de MCHs se considera una tubería de acero por su resistencia a impactos, soportar cargas estáticas, sobrepresiones y supresiones, por su durabilidad.

Datos:

- $Q= 0.085m^3/sg$; caudal de diseño
- $L=141.96 \text{ m}$
- $H_b= 75.35$ altura bruta
- $h_f=3.76$ perdida de carga del 5%
- $n=0.012$, coeficiente de Manning para acero, tabla 14.

4.5.5.1 Cálculo del diámetro de la tubería

Se debe tener en cuenta que a mayor diámetro, son menores la velocidad y las pérdidas hidráulicas en la tubería y por lo tanto mayor es el salto aprovechable y la potencia disponible. A menor diámetro, mayores son las pérdidas hidráulicas, pero menor es el costo de la tubería. Para el cálculo de la tubería utilizamos Manning E 5:

Considerando una pérdida de carga igual al 5%

$$\frac{h_f}{L} = 10.3 \frac{n^2 \times Q^2}{D^{5.333}}$$

$$D = 2.69 \left(\frac{n^2 \times Q^2 \times L}{Hb} \right)^{1.875}$$

$$D = 2.69 \left(\frac{0.012^2 \times 0.085^2 \times 141.96}{75.35} \right)^{1.875}$$

$$D=9.01 \text{ plg}$$

- $D_{\text{ext}}=273.03 \text{ mm}$
- $D_{\text{int}}=254.51 \text{ mm}$
- $e=9.27$

4.5.5.2 Cálculo de la velocidad en la tubería.

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

$$V = \frac{4 \times 0.085}{\pi \times 0.23^2}$$

$$V=2.066 \text{ m/sg}$$

4.3.5.3 Cálculo del diámetro económico

El diámetro económico está en función del coste de la tubería la amortización y las pérdidas de carga en la tubería. Es decir a mayor diámetro menor pérdida de carga y por lo tanto mayor generación de energía pero al mismo tiempo mayor costo por lo que se hace siguiente análisis.

Datos.

- $H_b=75.35$ m, altura bruta
- $L=141.96$ m, longitud tubería
- $Q=0.085$ m³/sg, caudal diseño
- $V_{máx}=5.0$ m/sg, para tubería de acero
- $V_{min}= 2.0$ m/sg, para tubería de acero

Rango del diámetro.- Usando la Ec 70 y Ec 71

Diámetro mínimo:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V_{max}}}$$

$$D_{min}=6 \text{ plg}$$

Diámetro máximo:

$$D_{máx} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V_{min}}}$$

$$D_{máx}=9 \text{ plg}$$

Calculo de la sobrepresión (H_t)

Asumimos una sobre presión del 35% de la altura bruta.

- $H_t=101.72$ m
- $P=10.17$ kg/cm², presión estática más sobre presión

Calculo del espesor (e).- Usando la Ec 72

$$e = \frac{P + \phi}{2 \times \sigma} + e_0$$

Para:

- $\sigma=1000$ kg/cm², esfuerzo de trabajo del acero
- $e_0=2$ mm, (sobre espesor)

Tenemos:

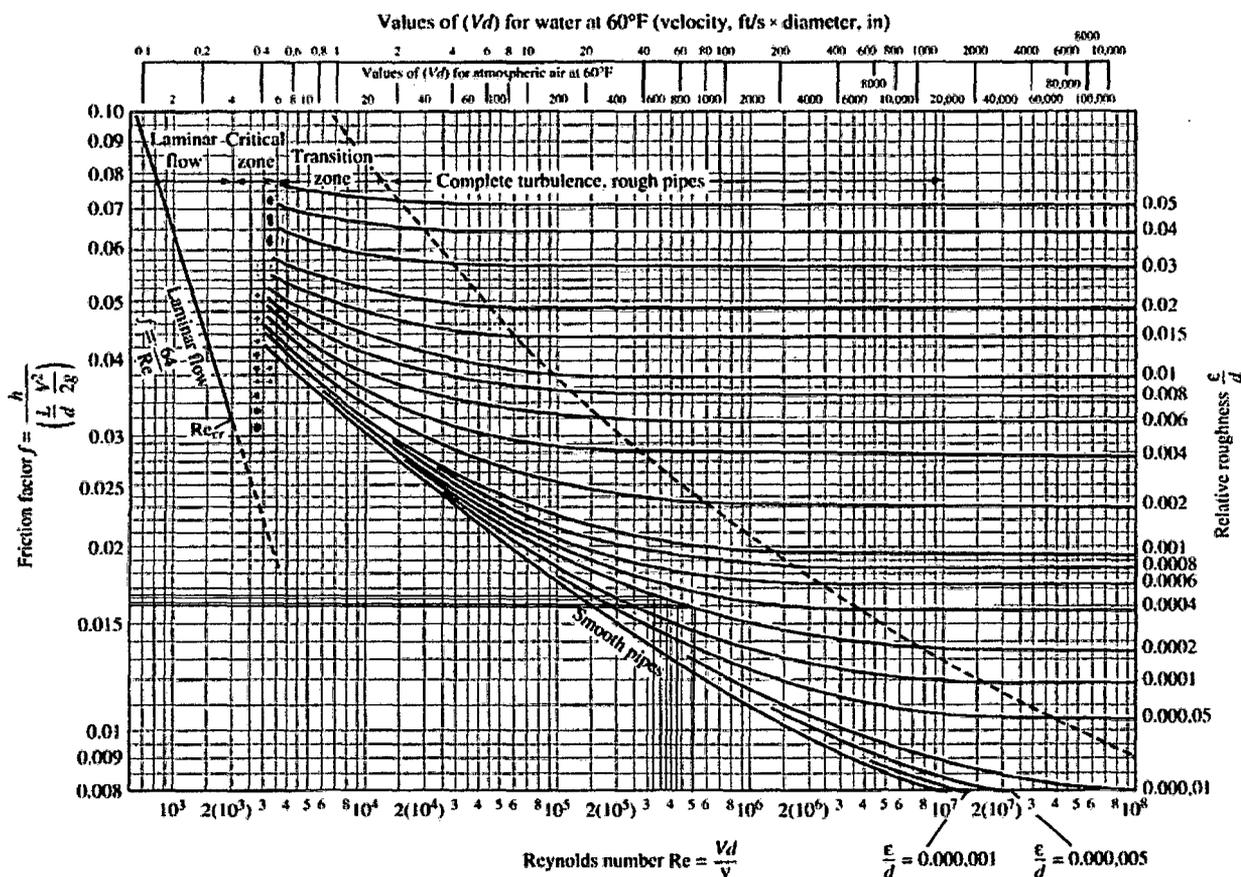
- Espeso para $\phi 6=0.002748$
- Espeso para $\phi 9=0.003183$

Calculo de la perdida de carga por fricción (h_f).- Usando Ec 75 :

$$h_f = \frac{f \times L \times V^2}{2 \times g \times \phi}$$

Para el cálculo de f utilizamos el diagrama de Moody

Figura 33. Diagrama de Moody para determinar.
 Fuente: ESHA



Calculo del costo de la energía perdida (C_{ep}).- Usando Ec 74

$$C_{ep} = P_p \times C_e$$

$C_e = 0.75$, costo de 1kW/ hr , en nuevos soles

Tabla 53. Tabulación del coste de energía perdida.
 Fuente. Elaboración propia

ϕ plg	ϕ m	V m/sg	$\frac{\epsilon}{D}$	$Re = \frac{v \times \phi}{\nu}$	f	hf (m)	Pp kw/h/año	Cep (s/.)
6	0.1524	4.660	0.00030	5.00	0.0160	16.49	40059.37	26038.59
7	0.1778	3.423	0.00026	4.29	0.01615	7.70	18707.80	12160.07
8	0.2032	2.621	0.00023	3.75	0.0165	4.04	9803.35	6372.17
9	0.2286	2.071	0.00020	3.33	0.0166	2.25	5473.13	3557.54

Amortización anual de la tubería (Aa).- Usando Ec 77

$$A_a = \frac{Q \times r \times (1 + r)^n}{(1 + r)^n - 1}$$

ϕ plg	ϕ m	e (mm)	G (Tn)	C (S/)	Q (m/sg)	Aa (s/)
6	0.1524	2.78	1.51	2263.35	0.085	797.149
7	0.1778	2.9	1.84	2763.5	0.085	973.297
8	0.2032	3.03	2.2	3298.77	0.085	1161.818
9	0.2286	3.16	2.58	3869.16	0.085	1362.70847

Coste total de la tubería.

ϕ plg	Cep (s/.)	Aa (s/)	CT (S/.)
6	26038.589	797.15	26835.74
7	12160.069	973.30	13133.37
8	6372.176	1161.82	7533.99
9	3557.536	1362.71	4920.24

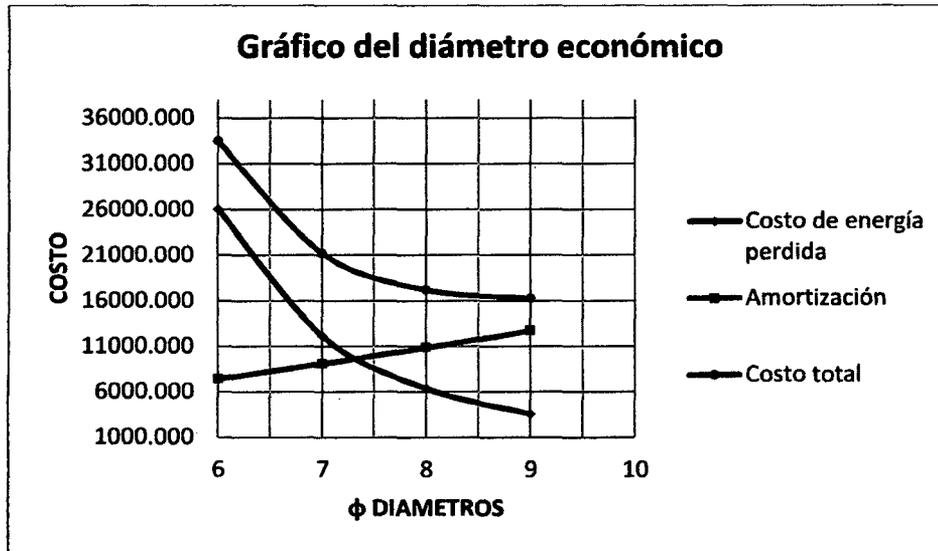
Escogemos la de ϕ 9 por ser la de menor costo

Verificación del diámetro obtenido

Para lo cual usamos las formula de Mannesman Rohren Werke Ec 78:

$$\phi = \left(\frac{5.2 \times Q^3}{H} \right)^{1/7}$$

$$\phi = 8.99 \text{ plg}$$



Por lo tanto del diámetro calcula para una pérdida de carga del 5% ($\phi=9.01$ plg) y del cálculo de diámetro económico ($\phi=9.0$ plg) podemos concluir que el diámetro para la tubería de presión de la MCHs es de 9 plg.

4.5.5.4 Calculo de las pérdidas de carga

a. Perdidas por fricción (h_f) usando Ec 60

$$h_f = 10.3 \frac{n^2 \times Q^2 \times L}{D^{5.333}}$$

$$h_f = 10.3 \frac{0.012^2 \times 0.085^2 \times 141.96}{0.23^{5.333}}$$

$$h_f=2.27m$$

b. Perdidas singulares

Perdidas por turbulencia (h_t) Usando E 61

$$k_b = k_0 \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$k_b=0.11$$

Perdidas por estrechamiento brusco

- $D=1.00$,m, dato de la cámara de carga
- $d=0.254$,m diámetro de la tubería

Determinar el tipo de estrechamiento

- $d/D=0.254$
- Para $d/D \leq 0.76$ se tiene

$$K_p = 0.42 \times \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right)$$

$$K_p = 0.39$$

Perdidas por cambios en la dirección (h_2)

En tramos con codos, a partir de los promedios dados por Gibson y Weissbach

Tabla 54. Valores de K_p según los ángulos en los codos.

Fuente: Energía hidroeléctrica

α	K_p
0	0
15	0.05
30	0.1
45	0.25
60	0.5
90	1.15
120	2
150	2.7
180	3

Ángulos de los codos

- $\alpha_1=164.01$
- $\alpha_2=66.99$
- $\alpha_3=166.00$

Interpolando los datos tenemos:

Angulo		K_{pi}
α_1'	15.99	0.0533
α_2'	13.01	0.0434
α_3'	14.00	0.0467

De la suma de los: $k_{pi}=0.14$

Tabla 55. Valores de Kp para compuerta circular y rectangular.
 Fuente: Energía hidroeléctrica

Circular		Rectangular	
a/D	kp	a/D	kp
1/8	90	1/10	90
2/8	17	2/10	45
3/8	7.6	4/10	8.1
4/8	2.1	6/10	2.1
5/8	0.8	8/10	0.4
6/8	0.26	10/10	0.02
7/8	0.07		
8/8	0.02		

Por lo tanto tomamos para válvula de compuerta rectangular totalmente abierta

$$h_p = 0.02 \text{ m}$$

Perdidas de carga en la rejilla

Datos:

- > $\phi = 2.42$
- > $b = 1.0$
- > $v = 1.5 \text{ m/s}$
- > $\alpha = 60$
- > $u = 0.6$

$$h_r = \phi \times \left(\frac{b}{s}\right)^{4/3} \times \frac{v^2}{2 \times g} \times \text{sen } \alpha$$

$$h_r = 0.023$$

Suma de las pérdidas parciales singulares

$$K_{pt} = 0.67$$

Calculo de pérdidas singulares

$$h_s = k_i \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$h_s = 0.1447 \text{ m}$$

Pérdidas totales en la tubería de presión

$h_t=2.42$,que equivale al 3.01% de la altura bruta.

4.5.5.5 Calculo de la altura neta

$$H_n = H_b + h_t$$

$$H_n = 72.93 \text{ m}$$

4.5.5.6 Espesor de la pared de la tubería

Se usa la Ec 62:

$$e = \frac{P_1 \times D}{2 \times \sigma_f \times k_f} + e_s$$

$$e = 3.73 \text{ mm}$$

- $k_f=0.9$,uniones soldadas
- $\sigma_f=1400$,KN/mm²
- $e_s=1.00$ mm
- $D=254.51$ mm

Espesor mínimo:

$$t = \frac{(D + 508)}{400}$$

$$t = 1.91 \text{ mm}$$

4.5.5.6 Tiempo de cierre

El tiempo necesario para que la onda de presión se desplace a lo largo de toda la tubería. Usando Ec 65.

$$T_c = 2L/c$$

Calculo de la velocidad de la onda

- $k=2.10E+09$ Kn/mm²
- $E=2.06E+11$ Kn/mm³

- D=254.51mm
- t=9.27
- $\rho_{\text{agua}}=1000$

$$c = \sqrt{\frac{10^{-3} \times k}{\left(1 + \frac{k \times D}{E \times t}\right) \times \rho}}$$

$$c=1280.93 \text{ m/sg}$$

4.5.5.7 Calculo de la sobrepresión

Se utiliza la Ec 66:

$$P = c \times \frac{\Delta v}{g}$$

$$P=269.82 \text{ KN/mm}^2$$

4.5.5.7 Calculo de la presión negativa

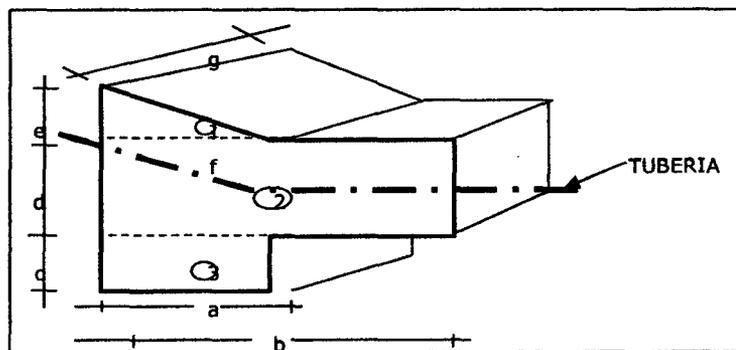
$$P_c = 882500 \times \left(\frac{e}{D}\right)^3$$

$$P_c=882500 \text{ KN/mm}^2$$

4.5.6 ANCLAJES Y APOYOS

4.5.6.1 Calculo de anclajes en los tramos interiores (anclajes 1° y 5°)

Figuran 34. Anclajes de los extremos de la tubería de presión.
 Fuente: Elaboración propia



Anclaje n°1 y 5°

Tabla 56. Cálculo de las fuerzas que actúan en el anclaje 2.
Fuente: Elaboración propia.

DESCRIPCION	VALOR	NOMENCLATURA	CALCULO DE FUERZAS	
H	75.35	H= Altura de presión estática	F1	280.29
Q	0.085	Q= Caudal de diseño	F2	224.23
Di	0.25	Di= Diámetro interior de la tubería	F3	0.00
t	9.27	t= Espesor de la tubería	F4	124.98
De	0.27	De= Diámetro exterior de la tubería	F5	0.00
A	0.00	A= Angulo aguas arriba con la horizontal	F6	0.00
B	47.99	B= Angulo aguas abajo con la horizontal	F7	0.00
PeT	1450.00	PeT= Peso específico de la tubería	F8	13.79
PeA	1000.00	PeW= Peso específico del agua (kg/m3)	F9	0.00
WT	10.45	WT= Peso de la tubería	DATOS	
WA	41.84	WA= Peso del agua	a	0.80
L1	21.64	L1= Distancia media del 1° anclaje al 2°.	b	2.00
L2	43.28	L2= Longitud de tubería sujeta a movimiento	c	0.20
u	0.50	u= Coeficiente de fricción entre la tubería y el suelo	d	0.50
L4	21.64	L4= Long. de tubería entre junta de dilata-	e	0.20
Sadm.	1.00	Dilación y anclaje.	f	0.60
			g	0.80

Tabla 57. Cálculo de Xg y Yg.

N°	AREAS	VOLUMEN	PESOS	Xg	Yg
1	0.06	0.05	110.40	0.20	0.77
2	1.00	0.80	1840.00	1.00	0.45
3	0.16	0.13	294.40	0.40	0.10
TOTAL	1.22	0.98	2244.80	0.88	0.42

Tabla 58. Estabilidad del anclaje.
Fuente: Elaboración propia

CUANDO LA TUBERIA SE DILATA		CUANDO LA TUBERIA SE CONTRAE	
SFx=	19.85	SFx=	-269.08
SFx < uSFy; u=	0.50	SFx < uSFy; u=	0.50
SFy=	-2704.46	SFy=	-2346.04
19.85 ≤ 1352.23 o.k		269.08 ≤ 1173.02 o.k	
S _{Mo.} :	4134.47=Ry×X	S _{Mo.} :	3977.76=Ry×X
Ry=	Ry=Fy+W	Fy=	101.24
Ry=	2704.46	Ry=	2346.04
X=	1.53	X=	1.70
S _{base} < S _{adm.terreno}		S _{base} < S _{adm.terreno}	
A=16000		A=1600	

Sbase= $Ry/A*(1+6*exc/b)$		Sbase= $Ry/A*(1+6*exc/b)$	
exc.= $X-b/2$		exc.= $X-b/2$	
exc.=	0.53	exc.=	0.70
Sbmáx=	0.44	Sbmáx=	0.45
Sbmín=	-0.10	Sbmín=	0.16
Sadm.= 1.00 Kg/cm2.		Sadm.= 1.00 Kg/cm2.	
Sbmín.<Sbmáx.<Sadm.terreno o.k.		Sbmín.<Sbmáx.<Sadm.terreno o.k.	

4.5.6.2 Calculo de anclajes en los tramos interiores (anclajes 2°,3° y 4°)

Anclaje n° 3

Tabla 59. Calculo de las fuerzas que actúan en el anclaje 3.
 Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCION	VALOR	NOMENCLATURA	CALCULO DE FUERZAS	
H	36.18	H= Altura de presión estática	F1	1793.09
Q	0.085	Q= Caudal de diseño	F2	1793.09
Di	0.25	Di= Diámetro interior de la tubería	F3	-424.80
t	9.27	t= Espesor de la tubería	F4	992.39
De	0.27	De= Diámetro exterior de la tubería	F5	0.00
A	32.01	A= Angulo aguas arriba con la horizontal	F6	0.00
B	19.00	B= Angulo aguas abajo con la horizontal	F7	0.00
PeT	1450.00	PeT= Peso específico de la tubería	F8	-3.16
PeA	1000.00	PeW= Peso específico del agua (kg/m3)	F9	0.00
WT	40.41	WT= Peso de la tubería	DATOS	
WA	50.87	WA= Peso del agua	a	0.90
L1	23.17	L1= Distancia media del 1° anclaje al 2°.	b	1.40
L2	46.33	L2= Longitud de tubería sujeta a movimiento	c	0.20
u	0.50	u= Coeficiente de fricción entre la tubería y el suelo	d	0.35
L4	46.33	L4= Long. de tubería entre junta de dilata-	e	0.25
Sadm.	1.00	Dilación y anclaje.	f	0.80

Tabla 60. Cálculo de Xg y Yg.

N°	AREAS	VOLUMEN	PESOS	Xg	Yg
1	0.12	0.14	322.00	0.70	0.63
2	0.49	0.39	901.60	0.70	0.38
3	0.18	0.14	331.20	0.45	0.10
TOTAL	0.85	0.68	1554.80	0.65	0.37

Tabla 61. Estabilidad del anclaje.
 Fuente: Elaboración propia

CUANDO LA TUBERIA SE DILATA		CUANDO LA TUBERIA SE CONTRAE	
SFx=	1459.99	SFx=	-1580.93
SFx<uSFy; u=	0.50	SFx<uSFy; u=	0.50
SFy=	-4126.54	SFy=	-2225.63

1459.99 ≤ 2063.27 o.k		1580.93 ≤ 1112.81 o.k	
SMo.:	3197.30=Ry×X	SMo.:	2237.32=Ry×X
Fy=	2571.74	Fy=	670.83
Ry=	4126.54	Ry=	2225.63
X=	0.77	X=	1.01
Sbase < Sadm.terreno		Sbase < Sadm.terreno	
A=11200		A=11200	
Sbase= Ry/A*(1+6*exc/b)		Sbase= Ry/A*(1+6*exc/b)	
exc.= X-b/2		exc.= X-b/2	
exc.=	0.07	exc.=	0.31
Sbmáx=	0.49	Sbmáx=	0.46
Sbmín=	0.25	Sbmín=	-0.06
Sadm.= 1.00 Kg/cm2.		Sadm.= 1.00 Kg/cm2.	
Sbmín.<Sbmáx.<Sadm.terreno o.k.		Sbmín.<Sbmáx.<Sadm.terreno o.k.	

4.5.7 CASA DE FUERZA

Es el ambiente donde deberán estar ubicadas el equipo electromecánico, turbina, generador, tableros de control, alternador y transformador. También debe haber una pequeña oficina que será destinada para el operador.

4.5.7.1 Ubicación de la casa de fuerza

Es necesario escoger el lugar más apropiado para la construcción de la casa de fuerza. Para este fin, es de importancia las siguientes consideraciones como factores de economía, buen éxito y seguridad de la instalación:

- 1° Debe existir la menor distancia entre la casa de fuerza y el centro donde se utilizara la energía.
- 2° Debe estar libre de inundaciones.
- 3° su ubicación debe asegurar el máximo aprovechamiento de caída "H" con un mínimo de tubería forzada.
- 4° Como el material cercano a la orilla del río es de origen aluvial se recomienda reemplazarlo con piedra grande embebida en concreto que tenga resistencia a la erosión por el agua, y así asegurar una mejor cimentación.

4.5.7.2 .Área necesaria de la casa de fuerza

El área necesaria de la casa de fuerza para albergar el equipamiento electromecánico, según el gráfico para un salto de 65.00y un caudal de 0.08 m³/s, y una potencia de 31.68Kw, corresponde una casa de fuerza de un área mínima de 40 m².

4.6 EQUIPO ELECTROMECHANICO

El equipo electromecánico para la Microcentral Hidroeléctrica de Chaupiloma y Chaupirume está compuesto por los siguientes elementos:

4.6.1 TURBINA

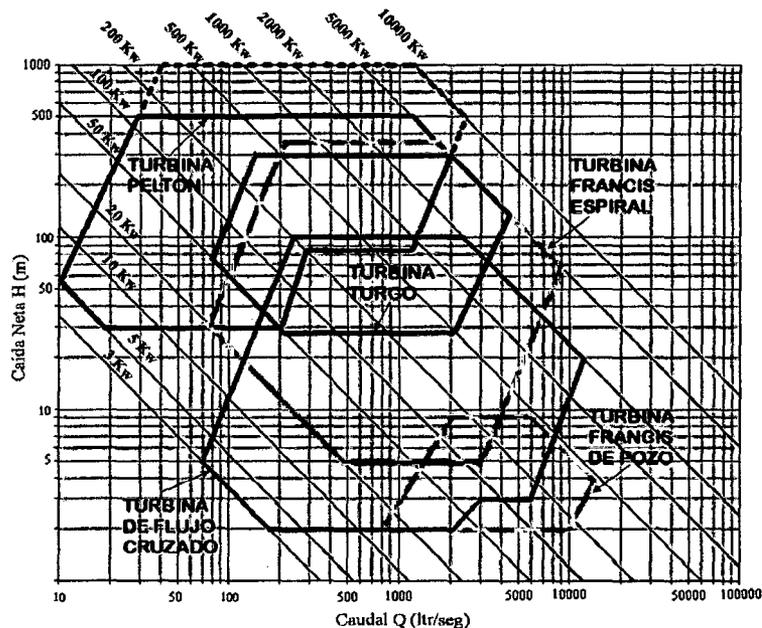
Para las condiciones de altura de 75.80 m y un caudal de 65 l/s corresponde utilizar una turbina del tipo Pelton, tal como se muestra a continuación. De acuerdo a los cálculos hidráulicos realizados, se utilizará un rotor de 300 mm de diámetro.

La carcaza fabricada en plancha de acero de 6 mm de espesor mínimo y refuerzos. El rodete deberá fabricarse en acero inoxidable, fundido en una sola pieza, resistente a la corrosión y abrasión.

4.6.1.1Selección de la turbina

La selección de la turbina se realiza teniendo cuenta el caudal de diseño 0.085 m³/sg y la altura neta 72.01 m.

Figura 35. Diagrama para seleccionar el tipo de turbina.
Fuente: Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídrico, diseño e instalación de Microcentrales Hidroeléctricas.



De esta manera, según el diagrama para las condiciones de caudal y altura, corresponde utilizar una turbina del tipo Pelton.

- **Tipo** : Pelton
- **Potencia al eje** : 33 kW
- **Caudal de diseño** : 85 lit/s
- **Altura neta de diseño** : 72.01 m
- **Número de inyector** : 2 inyector de 56 mm

Como la demanda en los primeros años de funcionamiento va a ser la mínima, la turbina llevará 2 toberas para regulación del caudal, cada una de estas toberas, llevará una válvula tipo compuerta.

- **Material del rodete** : Acero inoxidable al cromo níquel fundido en una sola pieza. Al rodete se le hará balanceo dinámico.
- **Carcasa** : Plancha de acero SAE 1020,
- **Calidad estructural** : Soldada eléctricamente de 6 mm. de espesor, luego pintada con pintura epóxica.
- **Soportes** : Rodamientos calculados para una duración mínima de 50000 horas de funcionamiento.

La turbina será capaz de soportar mecánicamente una sobre velocidad de hasta 180% de la normal llevará un mecanismo de deflector que limitará la velocidad a 135% del valor nominal en caso de corte del total de la potencia hacia las cargas.

- **Deflector** : El deflector de la turbina será de acero y será capaz de una interrupción continua y completa del chorro de agua a la presión de diseño nominal.

El deflector de chorro de turbina estará provista de un dispositivo hidráulico y un brazo deflector suficientemente resistente para asegurar el funcionamiento del deflector y la interrupción del chorro en condiciones de parada de emergencia. El mecanismo deflector, cuando está activado, limitará la velocidad de la turbina a 135% de lo normal en funcionamiento a plena carga.

4.6.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN

La transmisión será mediante poleas de fierro fundido y fajas trapezoidales 5V

Tipo de transmisión: Indirecta por poleas y fajas

- **Polea motriz** : 13 9/16" de diámetro con cono de ajuste
- **Polea conducida** : 8" de diámetro con cono de ajuste
- **Número de fajas** : 3
- **Tipo de fajas** : 5V1000
- **Distancia entre centros** : 837 mm

4.6.3 GENERADOR ELÉCTRICO

- **Tipo** : Síncrono
- **Potencia** : 30 kW
- **Velocidad de giro** : 1800 RPM
- **Voltaje** : 380/220 V.
- **Número de fases** : Generador trifásico
- **Frecuencia** : 60 Hz.
- **Tipo** : Síncrono, autorregulado, autoexcitado, sin escobillas
- **Accionamiento** : Con turbina hidráulica
- **Cos Ø** : 0.8

- **Altitud de operación** : 3500 msnm
- **Temperatura ambiente** : 40 °C
- **Conexión** : Estrella con Neutro accesible
- **Normas de fabricación** : BS5000 (British Standard) / IEC 34-1 (International Electrotechnical Commission)

Requisitos mínimos de construcción

- **Núcleos magnéticos** : Acero al silicio de bajas pérdidas
- **Bobinados** : Cobre uso eléctrico
- **Aislamiento de bobinados**: Clase H, tropicalizado
- **Enfriamiento** : Aire auto-forzado por ventilador
- **Montaje** : (B3) Horizontal
- **Extensión de eje** : Uno en el extremo accionado
- **Cojinetes** : Dos cojinetes de Rodamientos
Lubricación por grasa, vida de 50,000 horas
- **Protección** : Cubiertas IP 23
Bornera IP54

Llevará un regulador de voltaje para mantener el voltaje constante.

4.6.4 REGULADOR Y TABLERO

El regulador de velocidad puede estar incluido dentro del tablero eléctrico, al cual se le denomina Tablero-Regulador o también puede estar separado del tablero, incluido dentro de un tablero independiente. Ambos tableros llevarán sus mínimos instrumentos de medición y protección que a continuación se detallan. Estos instrumentos serán de una calidad mundialmente reconocida.

- **Tipo de regulador** : Electrónico de carga
- **Potencia** : 28 kW
- **Número de fases** : 3
- **Voltaje de operación** : 380/220 V.
- **Frecuencia** : 60 Hz.
- **Voltímetro** : 0 – 500 V.

- **N° de amperímetros** : 3
- **N° de frecuencímetros** : 1
- **N° Breakers** : 1(interruptor de energía)
- **Carga secundaria** : Resistencias refrigeradas con agua.

4.7. REDES ELECTRICAS

La energía eléctrica proveniente de la Microcentral Hidroeléctrica Chaupiloma – Chaupirume que generara 31.68 kW, contara con redes primarias y secundarias, postes de concreto y tres subestaciones con estructuras de concreto, la primera ubicada a la salida de la Microcentral Hidroeléctrica para elevar la tensión de 380V a 22.9kV, la segunda ubicada en la llegada a la comunidad de Chaupiloma y la tercera en comunidad Chaupirume, para reducir a la tensión de servicio de las redes secundarias 22.90/0.40-0.22kV. Cabe indicar que el sistema primario es de sistema trifásico 22.9 kV, y el sistema secundario trifásico 400/220V.

Cuenta con cuatro componentes principales que son:

- Línea , Redes de distribución primaria y subestación de distribución
- Redes de distribución secundaria y conexiones domiciliarias y alumbrado publico

Los cuales se describen a continuación:

4.7.1 LÍNEA Y REDES DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA

Cuenta con:

- Sistema aéreo Monofásico radial.
- Tensión Nominal de 22.90 kV trifásico tres hilos.
- Conductor desnudo de aleación de aluminio de 35 mm²,
- Soportes de concreto armado centrifugado,
- Plataformas de concreto armado vibrado,
- Crucetas de concreto
- Aisladores tipo PIN (56-3) y de suspensión 52-3,
- Ferretería de acero galvanizado en caliente.

Se tiene previsto alimentar a través del diseño de líneas y redes primarias a tensión de distribución primaria en 22,90 kV, distribuida en los siguientes tramos:

Tabla 62. Longitud de la red primaria.
 Fuente: Elaboración propia

Descripción	Nº Usuarios	km
Red primaria 22.90 kV 3Ø- Chaupiloma	45	0.958
Red primaria 22.90 kV 3Ø- Chaupirume	38	2.03
Total de Redes Primarias Nuevas (km)	83	2.99

Se considera el suministro de la Red Primaria con postes de concreto de 12 m de longitud en media tensión.

Sistema trifásico para vanos de hasta 320m, 12/300 para las redes primarias.

Para subestaciones de distribución Monofásicos serán de 12/400.

4.7.2 SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCION

Serán del tipo monoposte con transformadores de 22.90/0,40-0,23 kV, tablero de distribución con circuito para el servicio particular y alumbrado público, todo montado en poste de concreto armado centrifugado de 12 metros, de 400 kg de carga en la punta.

Tabla 63. Muestra las subestaciones de distribución del proyecto:
 Fuente: Elaboración propia

Item	Localidades	Nº de Subestaciones	Transformadores (KVA)	
			22.90/0.40-0.23 kV	
			15	37.5
1	MCH	01		1
2	CP Chaupiloma	01	1	
3	CP Chaupirume	01	1	
	Total	03	2	1

Características Generales

La electrificación tendrá entre otras las siguientes características:

Niveles de Tensión

El Subsistema de Distribución Primaria será trifásico en 22.90 kV 3 hilos 3Ø, en el lado de baja tensión se proyecta para un nivel de tensión de 400/220 V, sistema trifásico cuatro hilos.

Regulación de Tensión

La regulación de tensión se realizará mediante un conmutador de tomas en vacío con rango de regulación de $22.9 \pm 2 \times 2,5 \%$ en el lado de alta tensión de los transformadores de distribución.

Mando y maniobra

Será mediante mando manual con seccionadores fusible tipo cut-out al inicio de la Red de Distribución Primaria. Cada subestación de distribución tendrá el mismo equipamiento.

Niveles de Aislamiento

Los Niveles de aislamiento previsto para los equipos son:

- Equipo en 22.9 kV
- Tensión Nominal del Sistema es de 2.9kV
- Tensión Máxima de servicio al nivel del mar es de 24,5 kV
- Tensión Máxima de servicio para la altura de instalación a 3500 m.s.n.m es de 30,7kV
- Tensión de resistencia a la frecuencia industrial

Aislamiento interno: 40 kV

Aislamiento externo: 50 kV

- Tensión de resistencia a la onda de choque 1.2/50 µseg

Aislamiento interno: 125 kVp

Aislamiento externo: 170 kVp

Potencia de los Transformadores

Para la selección de la Potencia de los Transformadores se ha tomado en cuenta la generación de la MCH y el número de usuarios con una calificación de 250 W/lote para los sistemas monofásicos, con un factor de simultaneidad de 0,5.

Criterio Básico de Diseño y Cálculo

Para el cálculo se ha considerado los requisitos estipulados en el Código Nacional de Electricidad suministro 2001, Ley de Concesiones Eléctricas y su reglamento N° 25844, Normas DGE del Ministerio de Energía y Minas y Normas DEP/MEM.001.

Parámetros considerados:

- La calificación asignada es de 200 W/lote, para cargas especiales se ha considerado 500W/lote.
- La Caída de Tensión Máxima permisible no excederá el 7% de la tensión nominal.
- El factor de potencia será igual a 0,90 (atrazo)
- El factor de simultaneidad para cargas de servicio particular y especiales será igual a 0,50
- Clase de servicio, permanente y constante
- Tensión nominal de la red 22.90 kV.
- Tensión máxima de servicio 24.5 kV
- Nivel isocerámico 30 (de acuerdo a las Norma DGE "Bases para el Diseño de Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural".

Características Eléctricas del Equipamiento de las Subestaciones

En general, el equipamiento electromecánico de las subestaciones, será el apropiado para soportar las condiciones ambientales previstas en el área del proyecto, cumplirá con las recomendaciones especificadas por las Normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), con los requerimientos del Código Nacional de Electricidad de las Normas Nacionales relacionadas.

Transformadores de Distribución

Los transformadores de distribución tendrán entre otras, las siguientes características:

Valores Nominales

- Tipo: Trifásico, exterior
- Potencia nominal continua: 15, 37.5 (ONAN)
- Conexión: Yyn5

Tensión nominal en vacío

- Primario (kV): $22.9 \pm 2 \times 2,5\%$
- Secundario (kV): 0,40 / 0,22
- Regulación de tensión: en vacío
- Neutro secundario: sólidamente a tierra sólidamente a tierra

Temperatura promedio

- Máxima :25 ° C
- Media :18 ° C
- Mínima:-5 ° C

Equipo de Operación, Maniobra y protección - Nivel de 22.90 kV

En este nivel se utilizarán los siguientes equipos:

En la interconexión de los transformadores de distribución con la red primarias se utilizará seccionadores con fusibles del tipo expulsión y pararrayos del tipo distribución.

Sistema de Tierra

Se ha proyectado pozos de puesta a tierra con electrodo en subestaciones de distribución y estructuras de seccionamiento y protección; además, en el resto de estructuras de la configuración de PAT será mediante contrapeso del tipo circular, sin electrodo de puesta a tierra.

Para los pozos de puesta a tierra de las subestaciones y de las estructuras de seccionamiento, se está considerando tratamiento basado en óxidos metálicos.

Tableros

Todos los equipos de control, protección, señalización, pulsadores, etc., se instalarán en tableros adecuados y del tipo auto soportado.

Conductor

El conductor a utilizar es de aleación de aluminio; y la sección del conductor ha sido definida tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Esfuerzos mecánicos
- Capacidad de corriente en régimen normal
- Caída de tensión

Los dos últimos factores han sido determinantes en la definición de la sección de 25 mm² como la sección requerida para este proyecto.

Los accesorios de los conductores que se utilizan en las redes primarias son: grapa de ángulos, grapa de anclaje, grapa de doble vía, varilla de armar, manguito de empalme, manguito de reparación, pasta para aplicación de empalmes y alambre de amarre

Aisladores

Según el análisis de selección del aislamiento y sobre la base de los criterios normalizados por la DEP/MEM para 22.9 kV, se podrá utilizar aisladores de porcelana tipo Pin 56-3 y aislador de suspensión porcelna 52-3. Los aisladores del tipo Pin se instalarán en estructuras de alineamiento y ángulos de desvío topográfico moderados y los aisladores de suspensión en estructuras terminales, ángulos de desvío importantes y retención.

Retenidas y Anclajes

Las retenidas y anclajes se instalarán en las estructuras de ángulo, terminal y retención con la finalidad de compensar las cargas mecánicas que las estructuras no puedan soportar.

El ángulo que forma el cable de retenida con el eje del poste no deberá ser menor de 37°.

Los cálculos mecánicos de las estructuras y las retenidas se han efectuado considerando este ángulo mínimo. Valores menores producirán mayores cargas en las retenidas y transmitirán mayor carga de compresión al poste.

Las retenidas estarán compuestas por los siguientes elementos:

- Cable de acero grado SIEMENS MARTÍN de 10 mm de diámetro
- Varillas de anclaje con ojal-guardacabo
- Mordazas preformadas
- Perno con ojal-guardacabo para fijación al poste
- Bloque de concreto armado.
- Aislador de Tracción 54-2

Puesta a Tierra

Las puestas a tierra estarán conformadas por los siguientes elementos:

- Electrodo de acero recubierto de cobre de 2,4 m, 16 mm \varnothing
- Conductor de cobre tipo copperweld de 25 mm² para la bajada a tierra
- Accesorios de conexión y fijación
- Tierra cementada o de cultivo.
- Tratamiento basado en óxidos metálicos (Para las Sub estaciones y los Seccionamientos).

En Redes Primarias

En la RP se utilizan puestas a tierra en todas las estructuras del tipo PAT-0.

Para las estructuras de seccionamiento se requiere una puesta a tierra tipo PAT-1, compuesto por una varilla de acero con recubrimiento de cobre de 2,4 m, 16 mm \varnothing , conductor de cobre tipo copperweld de 25 mm², conector de cobre y tratamiento basado en óxidos metálicos; el valor de resistencia de puesta a tierra no será mayor de 25.

Subestaciones de Distribución:

En las subestaciones de distribución se contará con dos puesta a tierra del tipo PAT-1, la cual se conectará al borne del neutro de AT, al borne del neutro de BT y la

carcasa; compuesto por una varilla de acero con recubrimiento de cobre de 2,4 m, 16 mm \varnothing , conductor de cobre tipo copperweld de 25 mm², conector de cobre y tratamiento basado en óxidos metálicos; los pozos de puestas a tierras llevarán caja registro de concreto.

Material de Ferretería

Todos los elementos de hierro y acero, tales como pernos, abrazaderas y accesorios de aisladores, será galvanizado en caliente a fin de protegerlos contra la corrosión. Las características mecánicas de estos elementos han sido definidas sobre la base de las cargas a las que estarán sometidas.

Servidumbre

Las servidumbres requeridas para las redes primarias son de utilidad pública y de preferente interés público, tal como se estipula en la Ley General de Electrificación Rural, Título XI, Artículo 41, Imposición de Servidumbre Rural.

El uso de bienes públicos o de dominio público no da lugar a pago de compensación alguna, únicamente se indemnizara los daños y perjuicios que se pueden generar.

El ancho de la franja de servidumbre para las redes primarias, es de 11,0 m (5,5 m a cada lado del eje de la línea) para el nivel de tensión de 22.9 kV, según el Código Nacional de Suministro 2001 Tabla 219; para el caso en que las líneas primarias recorran por zonas sub-urbanas y urbanas, así como las redes primarias, solo se deberá cumplir con las distancias mínimas de seguridad estipuladas por el Código Nacional de Electricidad Suministro 2001.

Previamente el Contratista, con la participación de un equipo de profesionales especializados, deberá efectuar el Expediente Técnico para la Gestión de Servidumbre.

4.7.3 REDES DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA,

Redes Secundarias

Las Redes serán de tipo radial aérea, trifásica 400/220 V, cuatro hilos (tres de fase y un neutro (portante)); además un hilo adicional se utilizará para el alumbrado público.

Los soportes son de concreto armado centrifugado de 8m de longitud y conductores del tipo autoportantes de aleación de aluminio (tipo CAAI).

4.7.4 CONEXIONES DOMICILIARIAS Y ALUMBRADO PÚBLICO

Conexiones domiciliarias

Las conexiones domiciliarias serán monofásicas a 220V, con conductor concéntrico de cobre electrolítico y distribuidas a través de módulos de derivación cuando existan tres o más acometidas por soporte; se utilizarán cajas portamedidores para la instalación de los medidores de energía del tipo monofásico electrónico.

c. Alumbrado Público

El sistema de Alumbrado Público se ha diseñado para utilizar luminarias y equipos para lámparas de vapor de sodio de 50W, del tipo II con haz corto y semirecortado. Los pastorales serán de acero galvanizado.

Características Generales

El sistema eléctrico de redes secundarias proyectadas, tendrá entre otras las siguientes características:

Niveles de Tensión

El Subsistema de Distribución en el lado de baja tensión se proyecta a niveles de tensión de 400/220 V, sistema trifásico cuatro hilos (tres de fase y uno para el neutro).

Retenidas y Anclajes

Las retenidas y anclajes se instalarán en las estructuras de ángulo, terminal y retención con la finalidad de compensar las cargas mecánicas que las estructuras no puedan soportar.

El ángulo que forma el cable de retenida con el eje del poste no deberá ser menor de 37°.

Los cálculos mecánicos de las estructuras y las retenidas se han efectuado considerando este ángulo mínimo. Valores menores producirán mayores cargas en las retenidas y transmitirán mayor carga de compresión al poste.

Las retenidas estarán compuestas por los siguientes elementos:

- Cable de acero grado SIEMENS MARTÍN de 10 mm de diámetro
- Varillas de anclaje con ojal-guardacabo
- Mordazas preformadas
- Perno con ojal-guardacabo para fijación al poste
- Bloque de concreto armado.
- Aislador de Tracción 54-1

Postes

Los postes a implementar para el proyecto serán de concreto armado de 8m/200kg para alineamientos y 8m/300kg para anclajes y derivaciones.

Puesta a Tierra

Las puestas a tierra estarán conformadas por los siguientes elementos:

- Electrodo de acero recubierto de cobre de 2,4 m, 16 mm \varnothing
- Conductor de cobre tipo copperweld de 25 mm² para la bajada a tierra
- Accesorios de conexión y fijación
- Tierra cernida o de cultivo.
- Protector Antihurto.
- Tratamiento basado en óxidos metálicos

En Redes Secundarias:

Se ha proyectado un pozo de tierra al inicio y final de cada circuito y con intervalos máximo de 200 m de distancia, sin buzón de puesta a tierra.

Límite máximo equivalente de la resistencia de PT del sistema (sin incluir las puestas a tierra de la subestación) deberán ser:

Para sistemas monofásicos 220 V:10 Ohm

Material de Ferretería.

Todos los elementos de hierro y acero, tales como pernos, abrazaderas y accesorios de aisladores, será galvanizado en caliente a fin de protegerlos contra la corrosión.

Las características mecánicas de estos elementos han sido definidas sobre la base de las cargas a las que estarán sometidas.

Servidumbre

Las servidumbres requeridas para el proyecto de utilidad pública y de preferente interés público, tal como se estipula en la Ley General de Electrificación Rural, Título XI, Artículo 41, Imposición de Servidumbre Rural.

El uso de bienes públicos o de dominio público no da lugar a pago de compensación alguna, únicamente se indemnizara los daños y perjuicios que se pueden generar.

El ancho de la franja de servidumbre deberá cumplir con las distancias mínimas de seguridad estipuladas por el Código Nacional de Electricidad Suministro 2001.

Previamente el Contratista, con la participación de un equipo de profesionales especializados, deberá efectuar el Expediente Técnico para la Gestión de Servidumbre si el caso lo requiere.

4.8 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

4.8.1 IDENTIFICACION DE IMPACTOS

La identificación de impactos ambientales se realizará de una manera sistemática utilizando listas de contraste o chequeo.

Tabla 64. Lista de chequeo.
Fuente: elaboración propia

<i>Fase o categoría</i>	<i>Impacto potencial</i>
CONSTRUCCIÓN	Sedimentos
	Residuos sólidos
	Emisión de gases
	Contaminación del aire
	Ruido
	Calidad del agua
	Cantidad de agua
	Régimen hidrológico
	Capacidad del uso mayor de suelos
	Formas del cauce
	Erosión
	Transporte

	Acumulación
	Diversidad
	Abundancia
	Cobertura vegetal
	Biodiversidad de la fauna acuática
	Calidad biológica
	Distribución
	Vulnerabilidad
	Densidad poblacional
OPERACIÓN Y ABANDONO	Dispersión o concentración
	Distribución y número de viviendas
	Distribución de la población
	Dinámica poblacional
	Indicadores sociales
	Salud
	Educación
	Infraestructura
	Empleo
	Servicio de energía eléctrica
	Uso de la tierra
	Actividades primarias
	Actividades de servicios
Belleza escénica	

4.8.2 EVALUACION DE IMPACTOS (EIA):

MEDIO	COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	ETAPA DEL PROYECTO	ACTIVIDAD	IMPACTO AMBIENTAL	TIPO	INTENSIDAD	EXTENSION	DURACION	MAGNITUD	PROBABILIDAD	MITIGABILIDAD	VALORACION	RELEVANCIA
						0.40	0.40	0.80	0.61	0.61	0.17			
FISICO	AIRE	MATERIAL PARTICULADO, EMISIONES GASEOSAS Y RUIDO	CONSTRUCCION	MEJORAMIENTO DE ACCESOS	AUMENTO DEL MATERIAL PARTICULADO, EMISIONES GASEOSAS Y RUIDO	-	5	5	2	4.40	1	5	4.11	M
				DEPOSITOS DE MATERIAL EXCEDENTE		-	10	2	2	5.20	1	5	4.63	M
				DESBRONCE		-	2	2	2	2.80	0.5	2	1.87	MB
				OBRAS DE DESVIACION DE CAUCES		-	5	2	2	3.20	0.5	10	3.96	B
				PERFORACIONES Y VOLADURAS		-	10	2	2	5.20	1	5	4.63	M
				EXCAVACION DE BOCATOMAS		-	10	2	2	5.20	0.5	2	3.82	B
				TRANSPORTE DE MATERIALES DE CONSTRUCCION		-	5	5	2	4.40	0.2	2	3.15	B
				TRANSPORTE DE PERSONAL		-	2	5	2	3.20	0.2	2	2.41	B
				TRANSPORTE DE INSUMOS Y RESIDUOS		-	2	5	2	3.20	0.2	2	2.41	B
			OPERACION	OPERACION DE LAS CENTRALES		-	2	2	2.80	0.2	5	2.79	B	
			ABANDONO	FLUJO VEHICULAR		-	2	5	2	3.20	0.2	2	2.41	B
				CAMPAMENTOS		-	2	2	2.80	0.5	2	1.87	MB	
				DEMOLICION DE BOCATOMA Y CENTRAL		-	10	2	2	5.20	0.2	2	3.63	B
			IMPENZA Y REHABILITACION DE AREA	-		5	2	2	3.20	0.5	2	2.60	B	
			AGUA SUPERFICIAL	CALIDAD		CONSTRUCCION	CAMPAMENTOS	ALTERACION DE PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS	-	10	2	2	5.20	0.5
	DEPOSITOS DE MATERIAL EXCEDENTE	-			5		2		2	3.20	1	2	2.60	B
	OBRAS DE DESVIACION DE CAUCES	-			10		2		2	5.20	1	10	5.48	M
	DESVIACION DE CAUCES	-			5		2		2	3.20	1	10	4.26	M
	EXCAVACION DE BOCATOMAS	-			10		2		2	5.20	1	5	4.63	M
	OPERACION	OPERACION DE LAS CENTRALES		-	2	5	10	4.80	1	2	3.88	B		
	CANTIDAD	OPERACION		OPERACION DE LAS CENTRALES	DISMINUCION DEL CAUDAL	-	10	5	10	8.80	1	10	7.79	A
				DESVIACION DE CAUCES	ALTERACION DEL FIUJO	-	10	2	2	5.20	1	10	5.48	M
	OPERACION	OPERACION DE LAS CENTRALES		-		10	2	10	6.80	1	10	6.46	M	
	ABANDONO	DEMOLICION DE BOCATOMAS Y CENTRALES		-		10	2	2	5.20	1	10	5.48	M	
		IMPENZA Y REHABILITACION	-	10		5	10	8.80	1	10	7.79	A		
	AGUA SUBTERRANEA	CALIDAD	CONSTRUCCION	CAMPAMENTOS	ALTERACION PARAMETROS FISICO	-	2	2		1.60	0	2	1.44	MB
				CONST. DE CASA DE MAQUINAS	Disminucion de Q _{base} , alteracion flujo y drenaje agricola	-	5	5	2	4.40	1	5	4.11	M
		CANTIDAD Y REGIMEN	OPERACION	OPERACION DE LAS CENTRALES	-	5	5	10	6.80	1	2	4.61	M	
	CAMPAMENTOS			PERDIDA DE CAPACIDAD DE SUELOS	-	10	2	2	5.20	1	2	4.12	M	
	DEPOSITOS DE MATERIAL EXCEDENTE	-	10		2	2	5.20	1	2	4.12	M			
	DESBRONCE	-	10		2	2	5.20	1	2	4.12	M			
	OBRAS DE DESVIACION DE CAUCES	-	10		2	2	5.20	1	2	4.12	M			
	SUELO	CAPACIDAD DE USO MAYOR	CONSTRUCCION	OBRAS DE DESVIACION DE CAUCES	MODIFICACION DE LA FORMA DE LOS CAUCES	-	10	2	2	5.20	1	10	5.48	M
				PERFORACIONES Y VOLADURAS		-	10	2	2	5.20	1	10	5.48	M
				EXCAVACION DE BOCATOMAS		-	10	2	2	5.20	1	10	5.48	M
				CONST DE BOCATOMAS		-	10	2	2	5.20	1	10	5.48	M
				CONSTRUCCION DE OBRAS COMPLEMENTARIAS		-	10	2	2	5.20	1	10	5.48	M
		FORMAS DEL CAUCE	CONSTRUCCION	OBRAS DE DESVIACION DE CAUCES	MODIFICACION DEL PROCESO EROSION, TRANSPORTE Y ACUMULACION	-	5	2	2	3.20	1	5	3.41	B
				PERFORACIONES Y VOLADURAS		-	5	2	2	3.20	1	5	3.41	B
				EXCAVACION DE BOCATOMAS		-	5	2	2	3.20	1	5	3.41	B
CONSTRUCCION DE BOCATOMAS				-		5	2	2	3.20	1	5	3.41	B	
CONSTRUCCION DE OBRAS COMPLEMENTARIAS				-		5	2	2	3.20	1	5	3.41	B	
EROSION, TRANSPORTE Y ACUMULACION	OPERACION	OPERACION DE LAS CENTRALES	-	10	2	10	6.80	1	5	5.61	M			
		IMPENZA Y REHABILITACION DEL AREA	-	10	2	10	6.80	1	5	5.61	A			

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela académico profesional de ingeniería civil
"MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUILOMA-CHAUIRUME"

BIOLÓGICO	FLORA	DIVERSIDAD, ABUNDANCIA Y COBERTURA VEGETAL	CONSTRUC.	DESBRONCE	ALTERACION DE LA DIVERSIDAD, ABUNDANCIA Y COBERTURA VEGETAL	-	10	2	10	6.80	1	2	5.10	B			
			ABANDONO	CAMPAMENTOS	-	10	2	2	5.20	1	2	4.12	M				
BIOLÓGICO	FAUNA ACUÁTICA	BIODIVERSIDAD Y CALIDAD BIOLÓGICA	CONSTRUCCION	CAMPAMENTOS	MODIFICACION DEL HABITAT ACUATICO	-	5	2	2	3.20	1	2	2.60	B			
				DEPOSITOS DE MATERIAL EXCEDENTE		-	5	2	2	3.20	1	2	2.60	B			
				OBRA DE DESVIACION DE CAUCES		-	10	2	2	5.20	1	5	4.63	M			
				DESVIACION DE CAUCES		-	10	2	2	5.20	1	5	4.63	M			
				EXCAVACION EN BOCATOMAS		-	10	2	2	5.20	1	2	4.12	M			
				CONSTRUCCION DE BOCATOMAS		-	10	2	2	5.20	1	2	4.12	M			
				CONSTRUCCION DE OBRAS COMPLEMENTARIAS		-	10	2	2	5.20	1	2	4.12	M			
				OPERACION		OPERACION DE LAS CENTRALES	-	10	5	10	8.90	1	5	6.54	A		
			ABANDONO	CAMPAMENTOS		-	5	2	2	3.20	1	2	2.60	B			
				DEMOLICION DE BOCATOMAS Y CENTRALES		-	10	5	2	6.40	1	5	5.56	M			
				LIMPEZA Y REHABILITACION DEL AREA		+	10	5	10	8.90	1	10	7.10	A			
				CONSTRUC.		DESBRONCE	-	10	2	2	5.20	1	10	5.48	M		
			FAUNA TERRESTRE	DISTRIBUCION Y VULNERABILIDAD		OPERACION	OPERACION DE LAS CENTRALES	DISPERSION DE LA POBLACION Y AUMENTO DE LA VULNERABILIDAD	-	5	5	10	6.00	1	1	4.44	M
							CAMPAMENTOS		-	10	2	2	5.20	1	5	4.53	M
						ABANDONO	DEMOLICION DE BOCATOMAS Y CENTRALES		-	10	2	2	5.20	1	10	5.48	M
LIMPEZA Y REHABILITACION DEL AREA	+	10			5		10		8.90	1	10	7.10	A				
SOCIO ECONOMICO	AMBIENTE SOCIAL	DENSIDAD POBLACION DISPERSION O CONCENTRACION	OPERACION	OPERACION DE LAS CENTRALES	AUMENTO DENSIDAD	+	5	10	10	8.90	1	10	6.89	A			
					CONCENTRACION POBLACION	+	5	10	10	8.90	1	10	6.89	A			
					MEJOR DISTRIBUCION Y AUMENTO DE NUMERO DE VIVIENDAS	+	5	10	10	8.90	1	10	6.89	A			
	DEMOGRAFIA	DISTRIBUCION POBLACION	OPERACION	OPERACION DE LAS CENTRALES	MEJORA DE LA DISTRIBUCION, LA DINAMICA Y LOS INDICADORES SOCIALES	+	5	10	10	8.90	1	10	6.89	A			
					DINAMICA POBLACIONAL	+	5	10	10	8.90	1	10	6.89	A			
					INDICADORES SOCIALES	+	5	10	10	8.90	1	10	6.89	A			
	SERVICIOS SOCIALES	SALUD	OPERACION	OPERACION DE LAS CENTRALES	MEJORA EN LOS SERV. DE SALUD, EDUCACION E INFRAESTRUCTURA	+	5	10	10	8.90	1	10	6.89	A			
					EDUCACION	+	5	10	10	8.90	1	10	6.89	A			
					INFRAESTRUCTURA	+	5	10	10	8.90	1	10	6.89	A			
	SOCIO ECONOMICO	AMBIENTE ECONOMICO	EMPLEO	CONSTRUC.	CONTRATACION DE MANO DE OBRA	AUMENTO DEL EMPLEO	+	10	5	2	6.40	1	10	6.21	A		
				OPERACION	OPERACION DE LAS CENTRALES		+	10	10	10	10.00	1	10	8.41	A		
				ABANDONO	CAMPAMENTOS		+	10	5	2	6.40	1	10	6.21	A		
					DEMOLICION DE BOCATOMAS Y CENTRALES		+	10	5	2	6.40	1	10	6.21	A		
					LIMPEZA Y REHABILITACION DEL AREA		+	10	5	2	6.40	1	10	6.21	A		
			OPERACION	OPERACION DE LAS CENTRALES	OFERTA ENERGIA ELECTRICA	+	10	10	10	10.00	1	10	8.41	A			
CONSTRUCCION			ADQUISICION DE TERRENOS	CAMBIO DE USO DE SUELO	-	10	2	10	6.80	1	5	5.61	M				
ACTIVIDADES PRIMARIAS			CONSTRUCCION	CAMPAMENTOS	AUMENTO DE LA DEMANDA DE INSUMOS LOCALES	+	10	5	2	6.40	1	10	6.21	A			
			OPERACION	CAMPAMENTOS	+	2	5	10	4.30	1	10	5.24	A				
			ABANDONO	OPERACION DE LAS CENTRALES	+	10	5	2	6.40	1	10	6.21	A				
ACTIVIDADES DE SERVICIOS			CONSTRUCCION	CAMPAMENTOS	AUMENTO DE LA DEMANDA DE INSUMOS LOCALES	+	10	5	2	6.40	1	10	6.21	A			
			OPERACION	OPERACION DE LAS CENTRALES	+	2	5	10	4.30	1	10	5.24	M				
			ABANDONO	CAMPAMENTOS	+	10	5	2	6.40	1	10	6.21	A				
INTERES HUMANO			PAISAJE	BELLEZA ESCENICA	CONSTRUCCION	MEJORAMIENTO DE ACCESOS	PERDIDA DE LA BELLEZA ESCENICA	-	5	2	10	4.80	1	10	5.24	M	
						CAMPAMENTOS		-	5	2	2	3.20	1	2	2.90	B	
	DEPOSITOS DE MATERIAL EXCEDENTE	-				5		2	10	4.80	1	2	3.82	B			
	OPERACION	OPERACION DE LAS CENTRALES			-	5		2	10	4.80	1	10	5.24	M			
	ABANDONO	LIMPEZA Y REHABILITACION DEL AREA			RECUPERACION	+		10	2	10	6.80	1	10	6.46	A		

Se evaluará solo los impactos negativos con un nivel de relevancia ambiental medio y alto. No se analiza, los impactos ambientales con relevancia baja a muy baja, pues pueden ser manejados correctamente y minimizados debido a que son reversibles mediante simples medidas de gestión.

4.8.2.1 Etapa de construcción

En el medio físico

Calidad del aire

Aumento de material articulado, emisiones gaseosas y ruido

Relevancia media:

Las siguientes actividades impactarán sobre este factor del medio físico:

- Mejoramiento de acceso
- Depósitos de material excedente
- Operación de maquinaria

Debido a la lejanía de los frentes de obra en relación a viviendas y poblados, se considera que este impacto no afectará al medio socio económico. En relación a otros medios, es posible mitigar el efecto mediante una serie de medidas. Finalmente, se trata de un impacto de corta duración y extensión local, lo que disminuye su relevancia ambiental.

Agua superficial

Alteración de los parámetros físico – químicos

Relevancia ambiental media

Las siguientes actividades, pueden provocar este impacto:

- Obras de desviación de cauces.
- Desviación de cauces.
- Excavaciones en bocatomas.

Este impacto es de extensión puntual, es decir que no se propagará más allá de su punto de impacto. El material removido del fondo de los cauces volverá a sedimentar a poca distancia. Más allá de esto, se precisó señalar que estas actividades, por su naturaleza mecánica, no afectarán la calidad química del agua.

Alteración del régimen flujo

Relevancia ambiental media

La siguiente actividad podría originar este impacto:

- Desviación de cauces

Esta actividad afectaría el flujo o régimen hidrológico de los ríos sólo durante el tiempo que dure la construcción de las bocatomas y en una extensión puntual, en la zona donde se ubique la ataguía y la entrega al río.

Agua subterránea

Disminución del caudal base y alteración del flujo y drenaje de tierras agrícolas

Relevancia ambiental media

- Construcción de casa de máquinas
- Construcción Sub estación

Todas estas actividades podrían provocar la disminución de él caudal base de los ríos y alterar el flujo. También, podrían producir el drenaje de las tierras agrícolas. Sin embargo, debido a que los túneles serán revestidos en los tramos donde se intercepte con el acuífero, estos impactos serán evitados.

Suelo

Pérdida de la capacidad de uso mayor

Relevancia ambiental media

- Depósitos de material excedente.
- Desbroce.
- Obras de desviación de cauces

Este impacto tiene una extensión puntual lo que disminuye la magnitud. Del mismo modo, se afectarían tierras de uso marginal y de protección, y en una pequeña extensión. En los planos de servidumbres se entrega información de las superficies afectadas por cada componente del proyecto.

Geomorfología

Modificación de la forma de los cauces

Relevancia ambiental media

- Obras de desviación de cauces
- Excavaciones en bocatomas
- Construcción de bocatomas
- Construcción de obras complementarias

Estas actividades modificarán la forma del cauce en los puntos de ubicación de las bocatomas. Su influencia será puntual y su duración temporal; mientras duren las obras.

4.8.2.2 Etapa de Operación

Agua superficial

Disminución del caudal de los ríos

Relevancia ambiental alta

- Operación de las centrales

Esta actividad definitivamente afectará la cantidad de agua en los ríos. Sin embargo, este impacto será local en cada tramo.

Donde no se detectó presencia de otros usuarios del agua, existen afluentes que permitirán que los ríos recuperen parte del caudal extraído.

Por otro lado, se dejará pasar como mínimo un caudal constante.

Alteración del flujo

Relevancia ambiental alta

- Operación de las centrales

Esta actividad afectará el régimen natural de los ríos pero solo en el tramo de captación del río, en donde no se ha catastrado otros usuarios del agua. Aguas abajo de la descarga el río recuperará su régimen natural.

Agua subterránea

Disminución del caudal base, alteración del flujo y drenaje agrícola

Relevancia ambiental media

- Operación de las centrales

Esta actividad podría afectar estos factores ambientales. Sin embargo, este impacto es reversible toda vez que es posible revestir los túneles en los tramos donde se produzcan filtraciones.

Geomorfología

Modificación del proceso de erosión, transporte y acumulación de sedimentos

Relevancia ambiental media

- Operación de las centrales

Esta actividad afectará este proceso; sin embargo, los ríos en épocas de crecidas podrán equilibrar este proceso debido a que el caudal excedente pasará por los vertederos y compuertas de las bocatomas. El material depositado aguas abajo de las bocatomas en época de estiaje será transportado nuevamente por las aguas en época de avenidas.

Agua superficial

Alteración del flujo

Relevancia ambiental alta

Demolición de bocatomas y centrales

Esta actividad producirá un impacto de corta duración pues será necesario desviar los ríos mientras duren las demoliciones. Sin embargo, este impacto será sólo en el área donde se ubiquen las bocatomas.

En el medio biológico

4.8.2.3 Etapa de Construcción

Flora

Alteración de la diversidad, abundancia y cobertura vegetal

Relevancia ambiental media

Desbroce

Esta actividad producirá un impacto muy localizado, es decir, en los puntos donde se ubicarán las obras en superficie. No olvidemos que toda la conducción de las aguas a las centrales es subterránea. Así mismo, este impacto es mitigable toda vez que es posible revegetar con las mismas especies, el área afectada una vez retiradas las obras temporales.

Fauna acuática

Modificación del hábitat

Relevancia ambiental media

Las siguientes actividades podrían producir impactos:

- Obras de desviación de cauces
- Desviación de cauces
- Excavación en bocatomas
- Construcción de bocatomas
- Construcción de obras complementarias

Esta actividad afectará el hábitat acuático de manera temporal, es decir mientras duren la etapa de construcción. Por otro lado, el impacto será de extensión puntual.

Fauna terrestre

Dispersión de la población y aumento de la vulnerabilidad

Relevancia ambiental media

Desbroce

Esta actividad producirá un impacto puntual y temporal. La fauna presente en el medio ante la presencia humana ya habrá iniciado su traslado a lugares mas alejados. El tema de la vulnerabilidad es mitigable debido a que es posible capacitar a los trabajadores y controlarlos para evitar la caza o captura de animales silvestres.

Etapas de Operación

Fauna acuática

Modificación del hábitat acuático

Relevancia ambiental alta

➤ Operación de las centrales

Esta actividad afectará el hábitat acuático durante la vida útil del proyecto. Sin embargo, es posible tomar una serie de medidas para disminuir la magnitud de este impacto y garantizar la supervivencia de este medio. Por otro lado, no olvidemos que este impacto se producirá sólo en un tramo del río. Se ha contemplado dejar, aguas abajo de las bocatomas, un caudal mínimo que permita la continuidad del hábitat.

Fauna terrestre

Dispersión de la población y aumento de la vulnerabilidad

Relevancia ambiental media

➤ Operación de las centrales

Este impacto será de una extensión puntual, pues las obras se encuentran en su mayoría en subterráneo. Además el personal que labore en el proyecto será bien reducido en comparación con la etapa de construcción.

4.8.2.4 Etapa de abandono

Flora

Alteración de la diversidad, abundancia y cobertura vegetal

Relevancia ambiental media

- Campamentos

Esta actividad producirá un impacto de corta duración y extensión puntual. Es posible tomar medidas para revegetar el área afectada una vez terminados los trabajos.

Fauna acuática

Modificación del hábitat

Relevancia ambiental media

- Demolición de bocatomas y centrales

Esta actividad afectará el hábitat acuático sólo temporalmente y en una extensión puntual. Es posible tomar medidas para minimizar este efecto. No olvidemos que el objetivo de esta actividad es reponer el hábitat original intervenido en un principio por el proyecto. .fauna terrestre

Dispersión de la población y aumento de la vulnerabilidad

Relevancia ambiental media

- Campamentos
- Demolición de bocatomas y centrales

Este impacto será temporal y de extensión puntual. Es posible aplicar medidas para minimizarlo. Una vez terminadas los trabajos es muy probable que la fauna retorne a la zona.

En el medio socioeconómico

Etapa de Construcción

Ambiente socio económico

Cambio de uso del suelo

Relevancia ambiental media

- Adquisición de terrenos

Se trata de un impacto ambiental negativo. Sin embargo, los terrenos afectados son reducidos y se ubican, debido a su difícil inaccesibilidad, en lugares marginales. En su mayoría se trata de suelos de protección y de baja capacidad de uso mayor.

En el medio de interés humano

Etapas de Construcción

Paisaje

Pérdida de la belleza escénica

Relevancia ambiental media

- Nuevos caminos de acceso

Este impacto se producirá en puntos de difícil acceso y lejos de la vista del poblador común. Con ello, es posible minimizarlo. Por otro lado, estos caminos no interfieren con la visión del paisaje de cordillera, pues se ubican en quebradas y valles encañonados de difícil acceso.

Etapas de Operación

Paisaje

Pérdida de la belleza escénica

Relevancia ambiental alta

- Operación de las centrales

Este impacto podría impactar durante toda la vida útil del proyecto.

4.8.3 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Finalmente, debemos señalar que este proyecto implica una serie de actividades que impactarán positivamente, en la etapa de construcción y operación, en el medio socio económico, generando empleo en la zona donde se emplazará el proyecto.

Durante la etapa de construcción, las actividades del proyecto, permitirán el aumento de la demanda de insumos y servicios locales.

Una mayor oferta de energía eléctrica, en la etapa de operación del proyecto, permitirá impactar positivamente en la concentración de la población, en una mejor distribución de las viviendas, en la dinámica poblacional y en la mejora de los servicios de salud, en la educación y en la infraestructura.

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Se elaboró el proyecto de electrificación rural aislada denominado "Microcentral Hidroeléctrica Chaupiloma-Chaupirume" que beneficiara con el servicio de electricidad a la población de Chaupiloma y Chaupirume, del distrito de Tumbadén, provincia de San Pablo, departamento de Cajamarca.

Se diseñaron las estructuras que conformarán la "Microcentral Hidroeléctrica de Chaupiloma –Chaupirume", como son la bocatoma ,el canal de derivación, el desarenador, la cámara de carga, la tubería de presión, la casa de máquinas.

También se diseñó el equipamiento electromecánico como, rejas, compuertas y se determinó el tipo de válvulas que deberían usar dependiendo del tipo de estructura.

Se escogió la turbina Pelton por ser la más eficiente con respecto a los parámetros de diseño como son caudal y altura, y porque su rendimiento es prácticamente insensible a variaciones de caudal relativamente grandes.

El estudio hidrológico nos dio el caudal máximo de 8.31 m³/sg y un caudal mínimo de 0.13 m³/sg.

El proyecto tiene un presupuesto de doscientos cincuenta y un mil quinientos ocho nuevos soles con noventa y tres céntimos (251,508.93).y esta cronogramado para su ejecución en un plazo de cinco meses.

5.2 RECOMENDACIONES DEL PROYECTO

La ubicación de estructuras que conforman la Microcentral hidroeléctrica debe realizarse en los lugares definidos en el estudio, ya que se tienen emplazamientos geológicamente estables.

Hay que tener un cuidado especial en el diseño de rejillas y compuertas, porque son las encargadas de controlar el ingreso de materiales solidos que puedan afectar el funcionamiento y conservación de la estructura.

Controlar el correcto funcionamiento del desarenador para que no existan partículas que puedan dañar o desgastar los álabes de la turbina.

La construcción de los elementos estructurales y la instalación del equipo electromecánico deben realizarse en los meses de estiaje, para evitar situaciones que paralicen o imposibiliten el trabajo.

Implementar un modelo de gestión que se encargue de la operación y mantenimiento de la Microcentral hidroeléctrica, que asegure su correcto funcionamiento y conservación.

CAPITULO 6: BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, J. (2003). *Hidraulica de canales*. Lima.
- ANA. (2010). *Manual criterios de diseño de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hidrico*. Lima: Dirección de estudios de proyectos hidráulicos multisectoriales.
- Carrera, P. A. (2011). *Microcentral hidroelectrica de Pucará*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- Castro, O. (2006). *Diseño de estructuras hidráulicas*. Moquegua: Univesidad José Carlos Mariátegui.
- Cruz, G. M. (2008). *Diametro economico*. Cajamarca: Pograma de titulación de la facultad de Ingenieria - Universidad Ncional de Cajamarca.
- Cruz., I. G. (2008). *Diametro económico*. Cajamarca: Programa de titulación de la facultad de Ingenieria - Universidad Nacional de Cajamarca.
- Chow, V. T. (2004). *Hidráulica de canales abiertos*. Colombia: Nomos S.A.
- Das, B. M. (1985). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. México: Thomson Learning Inc.
- ESHA. (2006). *Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroelectrica*. Europa: Programa energía inteligente para Europa (IEE).
- León, L. (2003). *Estudio de las Fallas en estructuras de Captación de alta montaña(caso bocatoma Tres Molinos)*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Llique, R. (2003). *Manual de laboratorio de mecánica de suelos*. Cajamarca: Univesidad Nacional de Cajamarca.
- Mansen, A. (2010). *Diseño de bocatomas*. Lima: Universidad Nacional de Ingenieria.
- Mendez, G. (2009). *Abastecimiento de agua y Alcantarillado*. Cajamarca: Apuntes de clase.

Practical Action. (2010). *Manual para la evaluación de la demanda , recursos hídricos ,diseño e instalación de microcentrales hidroeléctricas*. Lima: Forma e imagen de Billy Víctor Odiaga Franco.

R., I. J. (1981). *El abc de las microcentrales hidroeléctricas*. Lima.

Sanz, J. F. (2008). *Energía hidroeléctrica*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.

Vásquez, L. (2009). *Irrigación*. Cajamarca: Apuntes de Clase.

Villón, M. (2005). *Hidrología*. Costa Rica: Taller de Publicaciones ITCR.

ANEXO 1:

COSTOS Y PRESUPUESTOS

1) METRADOS GENERALES

01.00 BOCATOMA

01.01 OBRAS PREELIMINARES

01.01.01 TRAZO Y REPLANTEO m² 125.42

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ²)
barraje	1	14.75	7.50		110.63
muro	1	18.50	0.80		14.80

01.01.02 LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL m² 125.42

01.02 MOVIMIENTO DE TIERRAS

01.02.01 EXCAVACION DE ZANJAS m³ 112.38

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ³)
muro	1	18.50	0.80	3.20	11.84
losa del barraje	1	1.64	7.50	0.65	8.00
	1	6.44	7.50	0.40	19.32
	1		7.50	1.80	13.50
	1		7.50	1.90	14.25
escollera rip-rap	1	3.55	7.50	1.40	37.28
solado sampeado	1	0.40	7.50	1.23	3.69
	1	1.50	7.50	0.40	4.50

01.02.02 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE m³ 140.48

01.03 OBRAS DE CONCRETO SIMPLE

01.03.01 MAMPOSTERÍA DE PIEDRA CON C° f'c=175kg/cm² m³ 133.34

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ³)
muro	1	4.75	18.50	1.00	87.88
escollera rip-rap	1	3.55	7.50	1.40	37.28
solado sampeado	1	0.40	7.50	1.23	3.69
	1	1.50	7.50	0.40	4.50

01.03.02 ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL m² 99.12

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ³)
muro	1	5.21	18.50		96.39
escollera rip-rap	1	3.55	0.50		1.78
solado sampeado	1	1.90	0.50		0.95

01.04 OBRAS DE CONCRETO ARMADO

01.04.01 CONCRETO PARA BARRAJE $f'c=175\text{kg/cm}^2$ m³ 55.83

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ³)
barraje	1	1.64	7.50	0.65	8.00
	1	6.44	7.50	0.40	19.32
	1		7.50	1.8	13.5
	1		7.50	1.9	14.25
columna	3	0.25	0.25	2.88	0.54
zapata	3	0.60	0.60	0.30	0.324

01.04.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL m² 52.54

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ²)
barraje	1		7.50	3.60	27.00
	1		7.50	1.60	12.00
	2		6.50	0.50	6.50
	1		7.50	0.70	5.25
	2		1.15	1.40	1.61
columnas	6		0.25	2.88	0.18

01.04.03 ACERO ESTRUCTURAL $f_y=4200\text{ kg/cm}^2$ 60° 3/8" kg 533.54

Descripción	Ø	# elementos	# piezas	Long.(m)	Peso (kg/m)	Parcial (kg)
acero longitudinal	3/8	33	1	15.10	0.56	279.05
Acero transversal	3/8	61	1	7.45	0.56	254.49

01.05 REVOQUES Y ENLUCIDOS

01.05.01 TARRAJEO EN EXTERIORES m² 1.48

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ²)
barraje	1	18.00	7.5		13.5

01.06 FIERRERÍA

01.06.01 COMPUERTAS FIERRO CON VOLANTE DE FONDO u 2

Compuerta de fierro con volante de fondo de $0.70 \times 0.50 \times 1.95 = 2$

01.06.02 REJILLA DE FIERRO u 2

2.00 ANTE CANAL

02.01 OBRAS PRELIMINARES

02.01.01 TRAZO Y REPLANTEO m² 2.60

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ²)
	1	5.20	0.50		2.60

02.01.02 LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL m² 2.60

02.02 MOVIMIENTO DE TIERRAS

02.02.01 EXCAVACION DE ZANJAS m³ 2.60

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ³)
canal tapado	1	5.20	0.50	1.00	2.60

02.02.02 ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE m³ 3.25

02.03 OBRAS DE CONCRETO SIMPLE

02.03.01 CONCRETO f_c=210 kg/cm² m³ 1.82

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ³)
fondo	1	5.20	0.30	0.50	0.78
paredes	2	5.20	0.15	0.70	1.09

02.03.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL m² 7.28

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ²)
paredes	2	5.20		0.70	7.28

02.04 REVOQUES Y ENLUCIDOS

02.04.01 TARRAJEO EN INTERIORES ACABADO CON CEMENTO-ARENA m² 8.06

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ²)
fondo	1	5.20	0.50		2.60
paredes	2	5.20		0.70	5.46

03.00 CANAL DE CONDUCCION REVESTIDO CON CONCRETO

03.01 OBRAS PRELIMINARES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela académico profesional de ingeniería civil
"MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUILOMA-CHAUIRUME"

03.01.01 TRAZO Y REPLANTEO m² 500.00

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ²)
canal revestido	1	1000.00	0.5		500.00

03.01.02 LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL m² 500.00

03.02 MOVIMIENTO DE TIERRAS

03.02.01 EXCAVACION DE ZANJAS m³ 150.00

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ³)
canal revestido	1	1000.00	0.50	0.30	150.00

03.02.02 ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE m³ 187.50

03.03 OBRAS DE CONCRETO SIMPLE

03.03.01 CONCRETO f_c=175 kg/cm² m³ 140.70

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ³)
losa	1	1000.00	0.50	0.20	103.70
pared	2	1000.00	0.10	0.37	37.00

03.03.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL plg 2"x 1.5"1.5" 15.70

Descripción	Cantidad	Long (m)	Parcial (m)
cercha	10	1.57	15.70

03.04 REVOQUES Y ENLUCIDOS

03.04.01 TARRAJEO EN INTERIORES ACABADO CON CEMENTO-ARENA m² 670.00

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ²)
losa	1	1000.00	0.30		300.00
pared	2	1000.00	0.37		370.00

4.00 DESARENADOR

04.01 OBRAS PRELIMINARES

04.01.01 TRAZO Y REPLANTEO m² 10.80

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ²)
desarenador	1	7.20	1.50		10.80

04.01.02 LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL m² 10.80

04.02 MOVIMIENTO DE TIERRAS

04.02.01 EXCAVACION DE ZANJAS m³ 4.68

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ³)
entrada desarenador	1	1.00	0.90	0.40	0.36
desarenador	1	7.20	1.50	0.40	4.32

04.02.02 ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE m³ 5.85

04.03 OBRAS DE CONCRETO ARMADO

04.03.01 CONCRETO f'c=175 kg/cm² m³ 3.61

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ³)
desarenador ingreso					
losa	1	1.00	0.90	0.20	0.18
pared	2	1.00	0.38	0.13	0.09
desarenador					
losa	1	7.20	1.35	0.20	1.94
pared	2	7.20	0.65	0.15	1.40

04.03.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL m² 13.50

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ²)
desarenador ingreso					
pared	4	1.00	0.38		1.50
desarenador					
pared	4	4.00	0.75		12.00

04.03.03 ACERO fy=4200 kg/cm² GRADO 60, 3/8" kg 132.50

Descripción	Ø	# elementos	# piezas	Long. (m)	Peso (kg/m)	Parcial (kg)
Acero longitudinal	3/8	1	6	7.80	0.56	26.21
Acero transversal	3/8	1	40	1.24	0.56	27.78
paredes						
Acero longitudinal	3/8	2	3	1.00	0.56	3.36
	3/8	2	4	7.80	0.56	34.94
Acero transversal	3/8	2	5	0.38	0.56	2.13
	3/8	2	20	1.70	0.56	38.08

04.04 REVOQUES Y ENLUCIDOS

04.04.01 TARRAJEO EN INTERIORES ACABADO CON CEMENTO-ARENA m² 20.37

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m2)
desarenador ingreso					
losa	1	1.00	0.90		0.90
pared	2	1.00	0.38		0.75
desarenador					
losa	1	7.20	1.30		9.36
pared	2	7.20	0.65		9.36

04.05 FIERRERÍA

04.05.01 COMPUERTAS FIERRO CON VOLANTE DE FONDO u 1.00

05.00 CAMARA DE CARGA

05.01 OBRAS PRELIMINARES

05.01.01 TRAZO Y REPLANTEO m² 2.25

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m2)
desarenador	1	1.50	1.50		2.25

05.01.02 LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL m² 2.25

05.02 MOVIMIENTO DE TIERRAS

05.02.01 EXCAVACION DE ZANJAS m³ 3.83

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m3)
cámara de carga	1	1.50	1.50	1.70	3.83

05.02.02 ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE m³ 4.78

05.03 OBRAS DE CONCRETO ARMADO

05.03.01 CONCRETO f_c=175 kg/cm² m³ 1.52

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m3)
losa fondo	1	1.15	1.50	0.20	0.35
pared	4	1.15	1.7	0.15	1.17

05.03.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL m² 6.70

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m2)
pared	2		1.00	1.70	3.40
	2		1.00	1.65	3.30

05.03.03 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 3/8" kg 35.76

Descripción	Ø	# elementos	# piezas	Long.(m)	Peso (kg/m)	Parcial (kg)
losa de fondo						
Acero longitudinal	3/8	1	5	1.7	0.56	4.76
Acero transversal	3/8	1	5	1.2	0.56	3.36
losa de techo						
Acero longitudinal	3/8	1	4	1.24	0.56	2.78
Acero transversal	3/8	1	5	0.96	0.56	2.69
paredes						
Acero longitudinal	3/8	2	3	1.7	0.56	5.71
	3/8	2	3	1.30	0.56	4.37
Acero transversal	3/8	2	4	1.2	0.56	5.38
	3/8	2	5	1.2	0.56	6.72

05.04 REVOQUES Y ENLUCIDOS

05.04.01 TARRAJEO EN INTERIORES ACABADO CON CEMENTO-ARENA m² 6.04

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m2)
losa fondo	1	1.15	1.3		1.50
pared	2	1.15	1.7	1	2.3
	1	1.2		0.88	1.06
losa techo	1	0.96	1.24		1.19

05.05 FIERRERÍA

05.05.01 REJILLA DE INGRESO A CAMARA DE CARGA u 1.00

06.00 TUBERÍA DE PRESIÓN DE ACERO DE 9"

06.01 OBRAS PRELIMINARES

06.01.01 TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO DE ZANJAS m 141.95

06.01.02 LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL m 141.95

06.02 MOVIMIENTO DE TIERRAS

06.02.01 EXCAVACION DE ZANJA PARA TUBERIA m³ 98.88

06.02.02 REFINE, NIVEL. Y FONDOS TUBERIA HASTA 9" INCLUYE CAMA DE APOYO

m 42.60

06.02.03 CAMA DE APOYO PARA TUBERÍA m 42.60

06.02.04 RELLENO COMP.ZANJA TERR.NORMAL CON MATERIAL PROPIO m 42.60

06.03 TUBERÍA Y PRUEBA HIDRAULICA

06.03.01 SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA ACERO DE 9" m 141.95

07.00 ANCLAJES

07.01 OBRAS PRELIMINARES

07.01.01 TRAZO Y REPLANTEO m² 2.55

Descripción	Cantidad	Área (m ²)	Parcial (m ²)
anclaje 01	2	1.22	2.44
anclaje 02	3	0.85	0.72

07.01.02 LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL m² 2.55

07.02 MOVIMIENTO DE TIERRAS

07.02.01 EXCAVACION DE ZANJAS m³ 4.00

Descripción	Cantidad	VOLUMEN (m ³)	Parcial (m ³)
anclaje 01	2	0.98	1.96
anclaje 02	3	0.68	2.04

07.02.02 ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE m³ 5.00

07.03 OBRAS DE CONCRETO SIMPLE

07.03.01 CONCRETO f_c=175 kg/cm² + 25%pm m³ 4.00

Descripción	Cantidad	VOLUMEN (m ³)	Parcial (m ³)
anclaje 01	2	0.98	1.96
anclaje 02	3	0.68	2.04

07.03.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL m² 2.55

Descripción	Cantidad	Área (m ²)	Parcial (m ²)
anclaje 01	2	1.22	2.44
anclaje 02	3	0.85	0.72

08.00 CASA DE MÁQUINAS

08.01 OBRAS PRELIMINARES

08.01.01 TRAZO Y REPLANTEO m² 48.13

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ²)
casa	1	8.75	5.50		48.13

08.01.02 LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL m² 48.13

08.02 MOVIMIENTO DE TIERRAS

08.02.01 EXCAVACION DE ZANJAS m³ 9.98

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ³)
horizontal	2	8.75	0.50	0.70	6.13
vertical	2	5.50	0.50	0.70	3.85

08.02.02 NIVELACION INTERIOR APISONADO MANUAL m² 48.13

08.02.03 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE m³ 14.50

08.03 OBRAS DE CONCRETO SIMPLE

08.03.01 SOLADO DE CONCRETOS f_c=100 kg/cm² h=2" m² 1.43

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ³)
horizontal	2	8.75	0.50	0.10	0.88
vertical	2	5.50	0.50	0.10	0.55

08.03.02 CONCRETO 1:10 +30% P.G. PARA CIMIENTOS CORRIDOS m³ 7.63

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ³)
horizontal	2	8.75	0.50	0.50	4.38
vertical	2	5.50	0.50	0.50	2.75

08.03.03 CONCRETO 1:8+25% PM PARA SOBRECIMENTOS m³ 3.75

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ³)
horizontal	2	8.75	0.50	0.20	2.65
vertical	2	5.50	0.50	0.20	1.10

08.03.04 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL m² 11.40

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ²)
horizontal	4	8.75		0.20	7.00
vertical	4	5.5		0.20	4.40

08.04 OBRAS DE CONCRETO ARMADO

COLUMNAS

08.04.01 CONCRETO f_c=175 kg/cm² m³ 0.69

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ³)
columnas C1	5	0.25	0.25	2.20	0.69
columnas C2	1	0.15	0.15	2.20	0.05

08.04.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL m² 13.20

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ²)
columnas	6	1		2.20	13.20

08.04.03 ACERO f_y=4200 kg/cm² GRADO 60, 1/4" kg 12.80

Descripción	Ø	# elementos	# piezas	Long. (m)	Peso (kg/m)	Parcial (kg)
Acero longitudinal	1/4	4	4	3.20	0.25	12.80

08.04.04 ACERO f_y=4200 kg/cm² GRADO 60, 3/8" kg 29.57

Descripción	Ø	# elementos	# piezas	Long.(m)	Peso (kg/m)	Parcial (kg)
Estribos	3/8	4	12	1.10	0.56	29.57

VIGAS

08.04.05 CONCRETO f_c=175 kg/cm² m³ 1.38

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ³)
vigas verticales	2	4.30	0.25	0.20	0.43
vigas horizontales	2	7.95	0.25	0.20	0.76
	1	3.10	0.25	0.20	0.155

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela académico profesional de ingeniería civil
"MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUILOMA-CHAUIRUME"

08.04.06 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL m² 11.04

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m2)
vigas	2	7.95	0.40		6.36
	2	4.30	0.40		3.44
	1	3.10	0.40		1.24

08.04.07 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60, 3/8" kg 106.62

Descripción	Ø	# elementos	# piezas	Long.(m)	Peso (kg/m)	Parcial (kg)
viga (V-1)						
Acero longitudinal	3/8	4	4	7.80	0.56	69.88
viga (V-2)						
Acero longitudinal	3/8	4	4	4.10	0.56	36.74

08.04.08 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60, 1/4" kg 62.00

Descripción	Ø	# elementos	# piezas	Long. (m)	Peso (kg/m)	Parcial (kg)
viga (V-1)						
Estribos	1/4	4	32	1	0.25	32.00
viga (V-2)						
Estribos	1/4	4	30	1	0.25	30.00

LOSA MACIZA

08.04.09 CONCRETO f_c=175 kg/cm2 m³ 6.84

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m3)
losa maciza	1	7.95	4.30	0.20	6.84

08.04.10 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL m² 34.18

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m2)
losa maciza	1	7.95	4.30		34.18

08.04.11 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60, 1/2" kg 311.40

Descripción	Ø	# elementos	# piezas	Long.(m)	Peso (kg/m)	Parcial (kg)
Acero positivo	1/2	1	25	7.70	1.00	192.50
	1/2	1	29	4.10	1.00	118.90

08.04.12 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60, 3/8" kg 174.38

Descripción	Ø	# elementos	# piezas	Long. (m)	Peso (kg/m)	Parcial (kg)
Acero negativo	3/8	1	25	7.70	0.56	107.80
	3/8	1	29	4.10	0.56	66.58

08.04.13 ACERO $f_y=4200$ kg/cm² GRADO 60, 1/4" kg 42.50

Descripción	Ø	# elementos	# piezas	Long. (m)	Peso (kg/m)	Parcial (kg)
Acero temperatura	1/4	1	25	6.80	0.25	42.50

08.05 MUROS

08.05.01 BLOCK DE LADRILLO KK 15x20x40 m² 61.76

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ²)
paredes verticales	2	4.10		2.20	18.04
paredes horizontales	2	7.70		2.20	33.88
puerta	1		1.20	2.20	2.64
ventana	4	1.50	1.20		7.20

08.06 PUERTAS Y VENTANAS

08.06.01 PUERTAS DE MADERA u 1.00

08.06.02 VENTANA TIPO CALADO u 2.00

08.07 PISOS Y VEREDAS

08.07.01 FALSO PISO DE 4" DE CONCRETO 1:10 m² 20.25

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ²)
	1	4.50	4.50		20.25

08.07.02 PISO DE CONCRETO E=2" f_c 140 kg/cm² X 4 cm PULIDO 1:2 X 1 cm m² 20.25

08.07.03 VEREDA RIGIDA DE CONCRETO $f_c=140$ kg/cm² E=10 cm PASTA 1:2 m² 12.64

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ²)
vereda posterior	1	7.20	0.40		2.88
vereda frontal	1	7.20	0.80		5.76
veredas laterales	2	5.00	0.40		4.00

08.07.04 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL m² 3.66

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ²)
vereda posterior	1	7.2		0.15	1.08
vereda frontal	1	7.2		0.15	1.08
veredas laterales	2	5		0.15	1.5

08.08 CANALETA PARA AGUA DE LLUVIA

08.08 01 CANALETA P/ LLUVIA DE CONCRETO $f_c=140 \text{ kg/cm}^2$ $E=10 \text{ cm}$ PASTA 1:2

m^3 5.76

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m^3)
fondo	1	19.20	0.20		3.84
muro	1	19.20	0.10		1.92

08.08.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL

m^2 2.88

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m^2)
muro	1	19.20		0.15	2.88

08.09 REVOQUES Y ENLUCIDOS

08.09.01 TARRAJEO EN INTERIORES ACABADO CON CEMENTO-ARENA

m^2 65.25

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m^2)
muro	1	18		2.5	45
cielo razo	1	4.5	4.5		20.25

08.09.02 PINTURA EN INTERIORES AL TEMPLE 2 MANOS

m^2 65.25

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m^2)
muro	1	18		2.5	45
cielo razo	1	4.5	4.5		20.25

08.10 INSTALACIONES ELECTRICAS

08.10.01 SALIDA PARA CENTROS DE LUZ CON INTERRUPTORES SIMPLES

u 3

08.11 BASES DE TURBINA Y GENERADOR

08.11.01 EXCAVACION PARA CANAL

m^3 1.84

08.11.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL

m^2 5.25

08.11.03 CONCRETO $F'C = 175 \text{ KG/CM}^2$

m^3 2.12

08.11.04 ACERO ESTRUCTURAL $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ GRADO 60 1/2"

kg 11.22

09.00 CANAL DE DESCARGA

09.01 OBRAS PRELIMINARES

09.01.01. Trazo y replanteo m² 12.95

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ²)
	1	18.50	0.70		12.95

09.01.02 Limpieza DE TERRENO MANUAL m² 12.95

09.02 MOVIMIENTO DE TIERRAS

09.02.01 EXCAVACION DE ZANJAS m³ 9.71

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ³)
canal de descarga	1	3.50	0.70	0.75	1.84
canal de descarga	1	15.00	0.70	0.75	7.88

09.02.02 ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE m³ 12.14

09.03 OBRAS DE CONCRETO SIMPLE

09.03.01 CONCRETO f_c=140 kg/cm² m³ 4.73

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ³)
fondo	1	15.00	0.70	0.15	1.58
paredes	2	15.00	0.15	0.70	3.15

09.03.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL m² 21.00

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ²)
paredes	2	15.00		0.70	21.00

09.04 OBRAS DE CONCRETO ARMADO

09.04.01 CONCRETO f_c=210 kg/cm² m³ 1.59

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ³)
fondo	1	3.50	0.70	0.15	0.36
paredes	2	3.50	0.15	0.70	0.74
tapa	1	3.50	0.70	0.20	0.49

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela académico profesional de ingeniería civil
 "MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUILOMA-CHAUPIRUME"

09.04.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL m² 6.30

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ²)
paredes	2	3.50		0.70	4.90
tapa	1	3.50	0.40		1.40

09.04.03 ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 kg 85.20

Descripción	Ø	# elementos	# piezas	Long.(m)	Peso (kg/m)	Parcial (kg)
canal						
Acero longitudinal	1/2	1	12.00	3.50	1.00	42.00
Acero transversal	1/2	1	18.00	2.40	1.00	43.20

08.05 REVOQUES Y ENLUCIDOS

08.05.01 TARRAJEOS EN INTERIORES CON CEMENTO Y ARENA m² 25.90

Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m ²)
canal de c° armado	2	15.00		0.70	21.00
canal revestido	2	3.50		0.70	4.90
losa de fondo	1	18.50		0.40	7.40

2) COSTOS UNITARIOS

Partida	TRAZO Y REPLANTEO						
Rendimiento	m2/DIA	400.0000	EQ.	400.0000	Costo unitario directo por : m ²		1.67
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147000032	topógrafo		hh	1.0000	0.0200	5.50	0.11
0147010003	oficial		hh	1.0000	0.0200	4.20	0.08
0147010004	peón		hh	2.0000	0.0400	3.23	0.13
0229060005	yeso de 28 kg		bis		0.0100	133.51	1.34
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%MO		3.0000	0.32	0.01

Partida	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO						
Rendimiento	m2/DIA	90.0000	EQ.	90.0000	Costo unitario directo por : m ²		0.30
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010004	PEON		hh	1.0000	0.0889	3.23	0.29
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%MO		3.0000	0.29	0.01

Partida	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE						
Rendimiento	m3/DIA	12.0000	EQ.	12.0000	Costo unitario directo por : m ³		2.21
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010004	peón		hh	1.0000	0.6667	3.23	2.15
equipos							
0337010001	herramientas manuales		%MO		3.0000	2.15	0.06

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela académico profesional de ingeniería civil
"MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUILOMA-CHAUIRUME"

Partida	CONCRETO CICLOPEO $f_c=175 \text{ kg/cm}^2+25 \% \text{ PM.}$						
Rendimiento	m3/DIA	26.0000	EQ.	26.0000	Costo unitario directo por : m3		138.59
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147000022	operador de equipo liviano		hh	1.0000	0.3077	5.50	1.69
0147010002	operario		hh	1.0000	0.3077	4.68	1.44
0147010004	peón		hh	8.0000	2.4615	3.23	7.95
Materiales							
0205000004	piedra chancada de 3/4"		m3		0.6200	60.00	37.20
0205000011	piedra mediana de 6"		m3		0.5000	40.00	20.00
0205010004	arena gruesa		m3		0.3600	60.00	21.60
0221000001	Cemento portland tipo I(42.5 kg)		bls		4.2000	18.00	90.30
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%MO		3.0000	11.08	0.33
0349100007	mezcladora de concreto tambor 18 hp 11 p3		hm	1.0000	0.3077	10.00	3.08

Partida	CONCRETO $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$						
Rendimiento	m3/DIA	20.0000	EQ.	20.0000	Costo unitario directo por : m3		240.42
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147000022	operador de equipo liviano		hh	1.0000	0.4000	5.50	2.20
0147010002	operario		hh	1.0000	0.4000	4.68	1.87
0147010004	peón		hh	8.0000	3.2000	3.23	10.34
materiales							
0205000003	piedra chancada de 1/2"		m3		0.5500	60.00	33.00
0205010004	arena gruesa		m3		0.5400	60.00	32.40
0221000001	Cemento portland tipo I (42.5 kg)		bls		8.4300	18.00	181.25
equipos							
0337010001	herramientas manuales		%MO		3.0000	14.41	0.43

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela académico profesional de ingeniería civil
"MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUILOMA-CHAUIRUME"

Partida	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL						
Rendimiento	m2/DIA	12.0000	EQ.	12.0000	Costo unitario directo por : m2		7.90
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010002	operario		hh	1.0000	0.6667	4.68	3.12
0147010003	oficial		hh	1.0000	0.6667	4.20	2.80
Materiales							
0202000008	alambre negro recocido # 8		kg		0.2000	4.50	0.90
0202010005	clavos para madera con cabeza de 3"		kg		0.2000	4.50	0.90
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%MO		3.0000	5.92	0.18

Partida	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60, 1/2"						
Rendimiento	kg/DIA	300.0000	EQ.	300.0000	Costo unitario directo por : kg		4.08
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010002	operario		hh	1.0000	0.0267	4.68	0.12
0147010003	oficial		hh	1.0000	0.0267	4.20	0.11
Materiales							
0202000007	alambre negro recocido # 16		kg		0.0600	4.50	0.27
0203020004	acero corrugado fy=4200 kg/cm2 grado 60, 1/2"		kg		1.0500	3.28	3.44
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%MO		3.0000	0.23	0.01
0348960005	cizalla para corte de fierro		hm	1.0000	0.0267	5.00	0.13

Partida	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60, 1/4"						
Rendimiento	kg/DIA	300.0000	EQ.	300.0000	Costo unitario directo por : kg		0.85
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010002	operario		hh	1.0000	0.0267	4.68	0.12
0147010003	oficial		hh	1.0000	0.0267	4.20	0.11
Materiales							
0202000007	alambre negro recocido # 16		kg		0.0600	4.50	0.27
0203020006	acero corrugado fy=4200 kg/cm2 grado 60, 1/4"		kg		1.0500	0.20	0.21
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%MO		3.0000	0.23	0.01
0348960005	cizalla para corte de fierro		hm	1.0000	0.0267	5.00	0.13

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela académico profesional de ingeniería civil
"MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUILOMA-CHAUIRUME"

Partida	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60, 3/8"						
Rendimiento	kg/DIA	300.0000	EQ.	300.0000	Costo unitario directo por : kg		1.77
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio /.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010002	operario		hh	1.0000	0.0267	4.68	0.12
0147010003	oficial		hh	1.0000	0.0267	4.20	0.11
materiales							
0202000007	alambre negro recocido # 16		kg		0.0600	4.50	0.27
0203020005	acero corrugado fy=4200 kg/cm2 grado 60, 3/8"		kg		1.0500	1.08	1.13
equipos							
0337010001	herramientas manuales		%mo		3.0000	0.23	0.01
0348960005	cizalla para corte de fierro		hm	1.0000	0.0267	5.00	0.13

Partida	TARRAJEO EN INTERIORES ACABADO CON CEMENTO-ARENA						
Rendimiento	m2/DIA	12.0000	EQ.	12.0000	Costo unitario directo por : m2		10.77
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio /.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010002	operario		hh	1.0000	0.6667	4.68	3.12
0147010004	peón		hh	2.0000	1.3333	3.23	4.31
Materiales							
0202010005	clavos para madera con cabeza de 3"		kg		0.0300	4.50	0.14
0204000000	arena fina		m3		0.0180	60.00	1.08
0221000001	cemento portland tipo I (42.5 kg)		bis		0.1000	18.00	2.15
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%mo		3.0000	7.43	0.22

Partida	TARRAJEO EN EXTERIORES ACABADO CON CEMENTO-ARENA						
Rendimiento	m2/DIA	12.0000	EQ.	12.0000	Costo unitario directo por : m2		10.77
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio /.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010002	operario		hh	1.0000	0.6667	4.68	3.12
0147010004	peón		hh	2.0000	1.3333	3.23	4.31
Materiales							
0202010005	clavos para madera con cabeza de 3"		kg		0.0300	4.50	0.14
0204000000	arena fina		m3		0.0180	60.00	1.08
0221000001	cemento portland tipo I (42.5 kg)		bis		0.1000	18.00	2.15
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%mo		3.0000	7.43	0.22

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela académico profesional de ingeniería civil
"MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUILOMA-CHAUIRUME"

Partida	COMPUERTAS FIERRO CON VOLANTE						
Rendimiento	u/DIA	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : u		265.18
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PrecioS/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010002	operario		hh	1.0000	8.0000	4.68	37.44
0147010004	peón		hh	1.0000	8.0000	3.23	25.84
Materiales							
0250020010	compuertas fierro con volante 0.5 x 0.5 m		u		1.0000	200.00	200.00
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%mo		3.0000	63.28	1.90

Partida	REJILLA DE FIERRO						
Rendimiento	u/DIA	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : u		60.00
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PrecioS/.	Parcial S/.
Subcontratos							
0401040004	Rejilla en ventana de captación		u		1.0000	50.00	50.00

Partida	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO DE ZANJAS						
Rendimiento	m3/DIA	4.0000	EQ.	4.0000	Costo unitario directo por : m3		13.31
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010004	peón		hh	2.0000	4.0000	3.23	12.92
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%MO		3.0000	12.92	0.39

Partida	EXCAVACION DE ZANJAS						
Rendimiento	m/DIA	500.0000	EQ.	500.0000	Costo unitario directo por : m		0.94
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147000032	topografo		hh	1.0000	0.0160	5.50	0.09
0147010003	oficial		hh	1.0000	0.0160	4.20	0.07
0147010004	peon		hh	2.0000	0.0320	3.23	0.10
Materiales							
0229060005	yeso de 28 kg		bls		0.0050	133.51	0.67
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%MO		3.0000	0.26	0.01

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela académico profesional de ingeniería civil
"MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUPILOMA-CHAUPIRUME"

Partida	CAMA DE APOYO PARA TUBERÍA						
Rendimiento	m/DIA	70.0000	EQ.	70.0000	Costo unitario directo por : m		2.81
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010003	oficial		hh	0.5000	0.0571	4.20	0.24
0147010004	peón		hh	2.0000	0.2286	3.23	0.74
Materiales							
0204000000	arena fina		m3		0.0300	60.00	1.80
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%MO		3.0000	0.98	0.03

Partida	RELLENO COMP.ZANJA TERR.NORMAL CON MATERIAL PROPIO						
Rendimiento	m/DIA	10.0000	EQ.	10.0000	Costo unitario directo por : m		7.06
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010003	oficial		hh	0.5000	0.4000	4.20	1.68
0147010004	peón		hh	2.0000	1.6000	3.23	5.17
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%MO		3.0000	6.85	0.21

Partida	REJILLA DE INGRESO A CAMARA DE CARGA						
Rendimiento	u/DIA	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : u		150.00
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Subcontratos							
0401040009	sc rejilla de ingreso a camara de carga		u		1.0000	150.00	150.00

Partida	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA ACERO						
Rendimiento	m/DIA	60.0000	EQ.	60.0000	Costo unitario directo por : m		392.56
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010002	operario		hh	1.0000	0.1333	4.68	0.62
0147010003	oficial		hh	2.0000	0.2667	4.20	1.12
0147010004	peon		hh	3.0000	0.4000	3.23	1.29
Materiales							
0272000111	Tubería acero		m		1.0500	370.84	389.38
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%MO		5.0000	3.03	0.15

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela académico profesional de ingeniería civil
"MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUILOMA-CHAUIRUME"

Partida	NIVELACION INTERIOR APISONADO MANUAL						
Rendimiento	m2/DIA	120.0000	EQ.	120.000	Costo unitario directo por : m2		0.73
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.0667	4.68	0.31
0147010004	PEON		hh	1.0000	0.0667	3.23	0.22
Materiales							
0243040000	MADERA TORNILLO		p2		0.0300	6.00	0.18
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.53	0.02

Partida	SOLADOS CONCRETO f_c=100 kg/cm² h=2"						
Rendimiento	m2/DIA	120.0000	EQ.	120.000	Costo unitario directo por : m2		164.86
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010002	operario		hh	2.0000	0.1333	4.68	0.62
0147010004	peon		hh	2.0000	0.1333	3.23	0.43
materiales							
0205000003	piedra chancada de 1/2"		m3		0.0600	60.00	3.60
0221000001	cemento portland tipo i (42.5 kg)		bis		8.4300	18.00	181.25
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%MO		3.0000	1.05	0.03

Partida	CONCRETO 1:10 +30% P.G. PARA CIMIENTOS CORRIDOS						
Rendimiento	m3/DIA	24.0000	EQ.	24.0000	Costo unitario directo por : m3		140.07
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147000022	operador de equipo liviano		hh	1.0000	0.3333	5.50	1.83
0147010002	operario		hh	1.0000	0.3333	4.68	1.56
0147010004	peón		hh	12.0000	4.0000	3.23	12.92
Materiales							
0205000003	piedra chancada de 1/2"		m3		0.8720	60.00	52.32
0205000033	piedra grande		m3		0.5040	20.00	10.08
0221000001	cemento portland tipo i (42.5 kg)		bis		3.0450	18.00	65.47
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%MO		1.0000	16.31	0.16
0349100007	mezcladora de concreto tambor 18 hp 11 p3		hm	1.0000	0.3333	10.00	3.33

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela académico profesional de ingeniería civil
"MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUILOMA-CHAUIRUME"

Partida	CONCRETO 1:8+25% PM PARA SOBRECIMENTOS						
Rendimiento	m3/DIA	12.5000	EQ.	12.5000	Costo unitario directo por : m3		176.96
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147000022	operador de equipo liviano		hh	1.0000	0.6400	5.50	3.52
0147010002	operario		hh	1.0000	0.6400	4.68	3.00
0147010003	oficial		hh	1.0000	0.6400	4.20	2.69
0147010004	peón		hh	8.0000	5.1200	3.23	16.54
Materiales							
0205000003	piedra chancada de 1/2"		m3		0.8930	60.00	53.58
0205000011	piedra mediana de 6"		m3		0.4200	40.00	16.80
0221000001	cemento portland tipo i (42.5 kg)		bis		3.8900	18.00	83.64
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%mo		2.0000	25.75	0.52
0349100007	mezcladora de concreto tambor 18 hp 11 p3		hm	1.0000	0.6400	10.00	6.40

Partida	BLOCK DE LADRILLO KK 15X20X40						
Rendimiento	m2/DIA	6.4500	EQ.	6.4500	Costo unitario directo por : m2		44.96
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010002	operario		hh	1.0000	1.0000	4.68	4.68
0147010004	peon		hh	0.5000	1.0000	3.23	3.23
Materiales							
0202010005	clavos para madera con cabeza de 3"		kg		0.0220	4.50	0.10
0205010004	arena gruesa		m3		0.0580	60.00	3.48
0217000024	ladrillo king kong tipo14 de concreto 24x13x9 cm		u		55.0000	0.40	22.00
0221000001	cemento portland tipo i (42.5 kg)		bis		0.4080	18.00	8.77
0243040000	madera tornillo		p2		0.5800	6.00	3.48
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%MO		5.0000	7.91	0.40

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela académico profesional de ingeniería civil
“MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUILOMA-CHAUIRUME”

Partida	PUERTA DE MADERA CEDRO 1.1X2.2						
Rendimiento	u/DIA	2.0000	EQ.	2.0000	Costo unitario directo por : u		453.22
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010002	operario		hh	1.0000	4.0000	4.68	18.72
0147010004	peon		hh	1.0000	4.0000	3.23	12.92
Materiales							
0239990053	puerta de madera de cedro 1.20x2.20		u		1.0000	450.00	450.00
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%MO		5.0000	31.64	1.58

Partida	VENTANA DE MADERA 1.50X1.20						
Rendimiento	u/DIA	2.0000	EQ.	2.0000	Costo unitario directo por : u		283.22
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010002	operario		hh	1.0000	4.0000	4.68	18.72
0147010004	peon		hh	1.0000	4.0000	3.23	12.92
Materiales							
0239990053	puerta de madera de cedro 1.20x2.20		u		1.0000	250.00	250.00
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%MO		5.0000	31.64	1.58

Partida	FALSO PISO DE 4" DE CONCRETO 1:10						
Rendimiento	m2/DIA	25.0000	EQ.	25.0000	Costo unitario directo por : m2		18.96
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010002	operario		hh	0.5000	0.1600	4.68	0.75
0147010004	peon		hh	2.0000	0.6400	3.23	2.07
Materiales							
0205000003	piedra chancada de 1/2"		m3		0.1250	60.00	7.50
0221000001	cemento portland tipo i (42.5 kg)		bls		0.4500	18.00	9.68
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%MO		3.0000	2.82	0.08

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela académico profesional de ingeniería civil
"MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUPILOMA-CHAUPIRUME"

Partida	PISO DE CONCRETO E=2" f'c 140 kg/cm2 X 4 cm PULIDO 1:2 X 1 cm							
Rendimiento	m2/DIA	10.0000	EQ.	10.0000	Costo unitario directo por : m2		18.49	
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra								
0147010002	operario			hh	1.0000	0.8000	4.68	3.74
0147010004	peon			hh	1.0000	0.8000	3.23	2.58
Materiales								
0204000000	arena fina			m3		0.0090	60.00	0.54
0205000004	piedra chancada de 3/4"			m3		0.0360	60.00	2.16
0205010004	arena gruesa			m3		0.0210	60.00	1.26
0221000001	cemento portland tipo i (42.5 kg)			bls		0.4250	18.00	9.14
Equipos								
0337010001	herramientas manuales			%MO		2.0000	6.32	0.13

Partida	VEREDA RIGIDA DE CONCRETO f'c=140 kg/cm2 E=10 cm PASTA 1:2							
Rendimiento	m2/DIA	15.0000	EQ.	15.0000	Costo unitario directo por : m2		41.66	
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra								
0147000022	operador de equipo liviano			hh	1.0000	0.5333	5.50	2.93
0147010002	operario			hh	1.0000	0.5333	4.68	2.50
0147010004	peón			hh	1.5000	0.8000	3.23	2.58
Materiales								
0204000000	arena fina			m3		0.0130	60.00	0.78
0205000004	piedra chancada de 3/4"			m3		0.0880	60.00	5.28
0205010004	arena gruesa			m3		0.0510	60.00	3.06
0221000001	cemento portland tipo i (42.5 kg)			bls		0.9500	18.00	17.01
0243040000	madera tornillo			p2		0.8300	6.00	4.98
Equipos								
0337010001	herramientas manuales			%MO		2.0000	8.01	0.16
0349100007	mezcladora de concreto tambor 18 hp 11 p3			hm	0.2500	0.1333	10.00	1.33

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela académico profesional de ingeniería civil
"MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUILOMA-CHAUIRUME"

Partida	CANALETA DE CONCRETO f_c=140 kg/cm² E=10 cm PASTA 1:2						
Rendimiento	m ² /DIA	15.0000	EQ.	15.0000	Costo unitario directo por : m ²		41.65
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147000022	operador de equipo liviano		hh	1.0000	0.5333	5.50	2.93
0147010002	operario		hh	1.0000	0.5333	4.68	2.50
0147010004	peon		hh	1.5000	0.8000	3.23	2.58
Materiales							
0204000000	arena fina		m ³		0.0130	60.00	0.78
0205000004	piedra chancada de 3/4"		m ³		0.0880	60.00	5.28
0205010004	arena gruesa		m ³		0.0510	60.00	3.06
0221000001	cemento portland tipo i (42.5 kg)		bls		0.9500	18.00	17.01
0243040000	madera tornillo		p ²		0.8300	6.00	4.98
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%MO		2.0000	8.01	0.16
0349100007	mezcladora de concreto tambor 18 hp 11 p3		hm	0.2500	0.1333	10.00	1.33

Partida	PINTURA EN INTERIORES AL TEMPLE 2 MANOS						
Rendimiento	m ² /DIA	27.0000	EQ.	27.0000	Costo unitario directo por : m ²		5.83
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010002	operario		hh	1.0000	0.2963	4.68	1.39
Materiales							
0254130001	pintura imprimante para muros		gal		0.1300	30.00	3.90
0255000001	pintura al temple simple		kg		0.2000	2.50	0.50
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%MO		3.0000	1.39	0.04

Partida	SALIDA PARA CENTROS DE LUZ CON INTERRUPTORES SIMPLES						
Rendimiento	pto/DIA	4.0000	EQ.	4.0000	Costo unitario directo por : pto		258.95
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de Obra					
0147010002	operario		hh	1.0000	2.0000	4.68	9.36
0147010004	peón		hh	0.7500	1.5000	3.23	4.85
Materiales							
0207010000	cable tw # 14 awg 2.5 mm ²		m		29.5300	3.60	106.31
0212030038	interruptor simple		pza		1.0000	20.17	20.17
0212090004	caja rectangular galvanizada liviana de 4" x 2 1/8"		u		1.0000	40.05	40.05

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela académico profesional de ingeniería civil
"MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUILOMA-CHAUIRUME"

0212090049	caja octogonal galvanizada liviana 4" x 2 1/8 "	u		1.0000	56.07	56.07
0229040003	cinta aislante	u		0.0100	40.73	0.41
0274010031	tubo pvc sel espiga campana 3/4" x 3.00 m	pza		1.5000	3.20	4.80
0274020027	curva pvc sel 3/4"	pza		3.0000	2.50	7.50
0274040033	conexion a caja pvc sel 3/4"	pza		3.0000	3.00	9.00
Equipos						
0337010001	herramientas manuales	%MO		3.0000	14.21	0.43

Partida	CONCRETO f_c=140 Kg/cm²						
Rendimiento	m3/DIA	26.0000	EQ.	26.0000	Costo unitario directo por : m3		227.83
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147000022	operador de equipo liviano		hh	1.0000	0.3077	5.50	1.69
0147010002	operario		hh	1.0000	0.3077	4.68	1.44
0147010004	peon		hh	12.0000	3.6923	3.23	11.93
Materiales							
0205000003	piedra chancada de 1/2"		m3		0.5500	60.00	33.00
0205010004	arena gruesa		m3		0.5400	60.00	32.40
0221000001	cemento portland tipo i (42.5 kg)		bls		7.5700	18.00	136.26
Equipos							
0337010001	herramientas manuales		%MO		3.0000	15.06	0.45
0349100007	mezcladora de concreto tambor 18 hp 11 p3		hm	1.0000	0.3077	10.00	3.08

Partida	FLETE TERRESTRE CAJAMARCA CHAUILOMA-CHAUIRUME						
Rendimiento	glb/DIA	239.0000	EQ.	239.000	Costo unitario directo por : glb		10,000.00
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Materiales							
0232000053	flete		est		1.0000	10,000.00	10,000.00

3) PRESUPUESTO GENERAL

"MICROCENTRAL HIDROELECTRICA DE CHAUPILOMA-CHAUPIRUME"					
PRESUPUESTO GENERAL DE LA MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUPILOMA-CHAUPIRUME					
Item	Descripción	Und.	Metrado	C.U	
01.00	BOCATOMA				35,390.13
01.01	OBRAS PRELIMINARES				
01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m ³	125.42	1.67	209.45
01.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m ²	125.42	0.30	37.63
01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
01.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS	m ³	112.38	0.94	105.64
01.02.02	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE	m ³	140.48	2.21	310.46
01.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
01.03.01	MAMPOSTERÍA DE PIEDRA CON C° f _c =175 kg/cm ²	m ³	133.34	138.59	18479.59
01.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m ²	99.12	7.90	783.05
01.04	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
001.04.01	CONCRETO ARMADO f _c =175 kg/cm ² PARA BARRAJE	m ³	55.83	240.42	13422.65
01.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m ²	52.54	7.90	415.07
01.04.03	ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60, 3/8"	kg	533.54	1.77	944.37
01.05	REVOQUES Y ENLUCIDOS				
01.05.01	TARRAJEO EN EXTERIORES ACABADO CON CEMENTO-ARENA	m ²	1.48	10.77	15.94
01.06	REVOQUES Y ENLUCIDOS				
01.06.01	TARRAJEO EN INTERIORES ACABADO CON CEMENTO-ARENA	m ²	1.48	10.77	15.94
01.07	FIERRERÍA				
01.07.01	COMPUERTAS FIERRO CON VOLANTE DE FONDO	u	2.00	265.18	530.36
01.07.02	REJILLA DE FIERRO	u	2.00	60.00	120.00
02.00	ANTE CANAL				596.63
02.01	OBRAS PRELIMINARES				
02.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m ²	2.60	1.67	4.34
02.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m ²	2.60	0.30	0.78
02.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
02.01.01	EXCAVACION DE ZANJAS	m ³	2.60	0.94	2.44
02.02.02	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE	m ³	3.25	2.21	7.18
02.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
02.01.01	CONCRETO f _c =175 kg/cm ²	m ³	1.82	240.42	437.56
02.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m ²	7.28	7.90	57.51
02.04	REVOQUES Y ENLUCIDOS				
02.04.01	TARRAJEO EN INTERIORES ACABADO CON CEMENTO-ARENA	m ²	8.06	10.77	86.81

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela académico profesional de ingeniería civil
"MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUILOMA-CHAUPIRUME"

03.00	CANAL DE CONDUCCION REVESTIDO CON CONCRETO				42354.37
03.01	OBRAS PRELIMINARES				
03.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m ²	500.00	1.67	835.00
03.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m ²	500.00	0.30	150.00
03.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
03.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS	m ³	150.00	0.94	141.00
03.02.02	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE	m ³	187.50	0.57	106.88
03.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
03.03.01	CONCRETO f _c =175 kg/cm ²	m ³	140.70	240.42	33827.09
03.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL plg 2"x 1.5"1.5"	m ²	15.70	5.00	78.50
03.04	REVOQUES Y ENLUCIDOS				
03.04.01	TARRAJEO EN INTERIORES ACABADO CON CEMENTO-ARENA	m ²	670.00	10.77	7215.90
04.00	DESARENADOR				1732.28
04.01	OBRAS PRELIMINARES				
04.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m ²	10.80	1.67	18.04
04.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m ²	10.80	0.30	3.24
04.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
04.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS	m ³	4.68	0.94	4.40
04.02.02	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE	m ³	5.86	2.21	12.95
04.03	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
04.03.01	CONCRETO f _c =175 kg/cm ²	m ³	3.61	240.42	867.92
04.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m ²	13.50	7.90	106.65
04.03.03	ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60, 3/8"	kg	132.50	1.77	234.53
04.04	REVOQUES Y ENLUCIDOS				
04.04.01	TARRAJEO EN INTERIORES ACABADO CON CEMENTO-ARENA	m ²	20.37	10.77	219.38
04.05	FIERRERÍA				
04.05.01	COMPUERTAS FIERRO CON VOLANTE DE FONDO	u	1.00	265.18	265.18
05.00	CAMARA DE CARGA				715.31
05.01	OBRAS PRELIMINARES				
05.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m ²	2.25	1.67	3.76
05.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m ²	2.25	0.30	0.68
05.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
05.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS	m ³	3.83	0.94	3.60
05.02.02	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE	m ³	4.78	2.21	10.56
05.03	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
05.03.01	CONCRETO f _c =175 kg/cm ²	m ³	1.52	240.42	365.44
05.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m ²	6.70	7.90	52.93
05.03.03	ACERO f _y =4200 kg/cm ² GRADO 60, 3/8"	kg	35.76	1.77	63.30
05.04	REVOQUES Y ENLUCIDOS				
05.04.01	TARRAJEO EN INTERIORES ACABADO CON CEMENTO-ARENA	m ²	6.04	10.77	65.05

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela académico profesional de ingeniería civil
"MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUILOMA-CHAUIRUME"

05.05	FIERRERÍA				
05.05.01	REJILLA DE INGRESO A CAMARA DE CARGA	u	1.00	150.00	150.00
06.00	TUBERÍA DE PRESIÓN DE ACERO 9"				58185.43
06.01	OBRAS PRELIMINARES				
06.01.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO DE ZANJAS	m	141.95	13.31	1889.35
06.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m ²	114.97	0.30	34.49
06.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
06.02.01	EXCAVACION DE ZANJA PARA TUBERIA	m ³	98.88	0.94	92.95
06.02.02	REFINE, NIVELELACION Y FONDOS TUBERIA HASTA 9" INCLUYE CAMA DE APOYO	m	42.60	0.57	24.28
06.02.03	CAMA DE APOYO PARA TUBERÍA	m	42.60	2.81	119.71
06.02.04	RELLENO COMP.ZANJA TERR.NORMAL CON MATERIAL PROPIO	m	42.60	7.06	300.76
06.03	TUBERÍA Y PRUEBA HIDRAULICA				
06.03.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA ACERO 9"	m	141.95	392.56	55723.89
07.00	ANCLAJES				723.46
07.01	OBRAS PRELIMINARES				
07.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m ²	2.55	1.67	4.26
07.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m ²	2.55	0.30	0.77
07.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
07.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS	m ³	4.00	0.94	3.76
07.02.02	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE	m ³	5.00	2.21	11.05
07.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
07.03.01	CONCRETO CICLOPEO f'c=140 kg/cm2 + 25 % PM.	m ³	4.00	170.87	683.48
07.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m ²	2.55	7.90	20.15
08.00	CASA DE MÁQUINAS				15054.36
08.01	OBRAS PRELIMINARES				
08.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m ²	48.13	1.67	80.38
08.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m ²	48.13	0.30	14.44
08.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
08.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS	m ³	9.98	0.94	9.38
08.02.02	NIVELACION INTERIOR APISONADO MANUAL	m ²	48.13	0.73	35.13
08.02.03	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE	m ³	14.50	2.21	32.05
08.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
08.03.01	SOLADO DE CONCRETO f'c=100 kg/cm2 h=2"	m ²	1.43	164.86	235.75
08.03.02	CONCRETO 1:10 +30% P.G. PARA CIMIENTOS CORRIDOS	m ³	7.63	140.07	1068.73
08.03.03	CONCRETO 1:8+25% PM PARA SOBRECIMENTOS	m ³	3.75	176.96	663.60
08.03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m ²	10.61	7.90	83.82

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela académico profesional de ingeniería civil
"MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUPILOMA-CHAUPIRUME"

08.04	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
	COLUMNAS				
08.04.01	CONCRETO $f_c=175$ kg/cm ²	m ³	0.69	240.42	165.89
08.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m ²	13.20	7.90	104.28
08.04.03	ACERO $f_y=4200$ kg/cm ² GRADO 60, 1/4"	kg	12.80	0.85	10.88
08.04.04	ACERO $f_y=4200$ kg/cm ² GRADO 60, 3/8"	kg	29.57	1.77	52.34
	VIGAS				
08.04.05	CONCRETO $f_c=175$ kg/cm ²	m ³	1.38	240.42	331.78
08.04.06	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m ²	11.04	7.90	87.22
08.04.07	ACERO $f_y=4200$ kg/cm ² GRADO 60, 3/8"	kg	106.62	1.77	188.72
08.04.08	ACERO $f_y=4200$ kg/cm ² GRADO 60, 1/4"	kg	62.00	0.85	52.70
	LOSA MACIZA				
08.04.09	CONCRETO $f_c=175$ kg/cm ²	m ³	6.84	240.42	1644.47
08.04.10	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m ²	34.18	7.90	270.02
08.04.11	ACERO $f_y=4200$ kg/cm ² GRADO 60, 1/2"	kg	311.40	4.08	1270.51
08.04.12	ACERO $f_y=4200$ kg/cm ² GRADO 60, 3/8"	kg	174.38	1.77	308.65
08.04.13	ACERO $f_y=4200$ kg/cm ² GRADO 60, 1/4"	kg	42.50	0.85	36.13
08.05	MUROS				
08.05.01	BLOCK DE LADRILLO KK 15X20X40	m ²	61.76	44.96	2776.73
08.06	PUERTAS Y VENTANAS				
08.06.01	PUERTA DE MADERA DE CEDRO 1.10X2.2 m ²	u	2.00	453.22	906.44
08.06.02	VENTANA TIPO CALADO	u	2.00	283.22	566.44
08.07	PISOS Y VEREDAS				
08.07.01	FALSO PISO DE 4" DE CONCRETO 1:10	m ²	20.25	18.96	383.94
08.07.02	PISO DE CONCRETO E=2" f_c 140 kg/cm ² X 4 cm PULIDO 1:2 X 1 cm	m ²	20.25	18.49	374.42
08.07.03	VEREDA RIGIDA DE CONCRETO $f_c=140$ kg/cm ² E=10 cm PASTA 1:2	m ²	12.64	41.65	526.46
08.07.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m ²	3.66	7.90	28.91
08.08	CANALETA PARA AGUA DE LLUVIA				
08.08.01	CANALETA DE CONCRETO $f_c=140$ kg/cm ² E=10 cm PASTA 1:2	m ²	5.76	41.66	239.96
08.08.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m ²	2.88	7.90	22.75
08.09	REVOQUES Y ENLUCIDOS				
08.09.01	TARRAJEO EN INTERIORES ACABADO CON CEMENTO-ARENA	m ²	65.25	10.77	702.74
08.09.02	PINTURA EN INTERIORES AL TEMPLE 2 MANOS	m ²	65.25	5.83	380.41
08.10	INSTALACIONES ELECTRICAS				
08.10.01	SALIDA PARA CENTROS DE LUZ CON INTERRUPTORES SIMPLS	pto	3.00	258.95	776.85
08.11	BASES DE TURBINA Y GENERADOR				
08.11.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA CANAL	m ³	1.84	13.31	24.49

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela académico profesional de ingeniería civil
"MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUILOMA-CHAUPIRUME"

08.11.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	5.25	7.90	41.48
08.11.03	CONCRETO $f_c=175$ kg/cm ²	m3	2.12	240.42	509.69
08.11.04	ACERO $f_y=4200$ kg/cm ² GRADO 60, 1/2"	kg	11.22	4.08	45.78
09.00	CANAL DE DESCARGA				2363.60
09.01	OBRAS PRELIMINARES				
09.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	12.95	1.67	21.63
09.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	12.95	0.30	3.89
09.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
09.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS	m3	9.71	0.94	9.13
09.02.02	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE	m3	12.14	2.21	26.83
09.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
09.03.01	CONCRETO $f_c=140$ Kg/cm ²	m3	4.73	227.83	1077.64
09.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	21.00	7.90	165.90
09.04	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
09.04.01	CONCRETO $f_c=175$ kg/cm ²	m3	1.59	240.42	382.27
09.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	6.30	7.90	49.77
09.04.03	ACERO $f_y=4200$ kg/cm ² GRADO 60, 1/2"	kg	85.20	4.08	347.62
09.05	REVOQUES Y ENLUCIDOS				
08.05.01	TARRAJEO EN INTERIORES ACABADO CON CEMENTO-ARENA	m2	25.90	10.77	278.94
10.00	FLETE TERRESTRE				10000.00
10.01	FLETE TERRESTRE CAJAMARCA – CHAUILOMA CHAUPIRUME	glb	1.00	10000.00	10000.00
COSTO DIRECTO		glb			167,115.5700
GASTOS GENERALES		10%			16,711.56
SUB TOTAL 1					183,827.13
IMPUESTO GENERAL A LAS VENTAS (IGV)		18%			30,080.80
SUB TOTAL 2					213,907.93
INTANGIBLES					
CAPACITACIÓN Y MODELO DE GESTION		5.0%			8,355.78
MITIGACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL		7.5%			12,533.67
EXPEDIENTE TÉCNICO		10%			16,711.56
TOTAL PRESUPUESTO					251,508.93

PRESUPUESTO TOTAL: Doscientos cincuenta y un mil quinientos ocho nuevos soles con noventa y tres céntimos.

ANEXO 2: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS CIVILES

01.0. OBRAS PROVISIONALES

01.01.0. LIMPIEZA DEL CAMINO DE ACCESO

Los caminos de acceso estarán dotados de una adecuada señalización para indicar su ubicación y la circulación de equipos pesados. Los caminos de acceso, al tener carácter provisional, deben ser construidos con muy poco movimiento de tierras y debe llevar un lastrado o tratamiento que mejore la circulación y evite la producción de polvo.

01.02.0. CARTEL DE LA OBRA

Consiste en la construcción de un tablero como elemento que permitirá a la entidad ejecutora informar al público en general sobre los detalles de la obra contratada. Las dimensiones de dicho cartel serán de 2.40m x 4.80m instalada en el lugar de poblado de la obra.

02.0. OBRAS PRELIMINARES

02.01.0LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL

Al iniciar toda clase de trabajo será necesaria la limpieza de todo el terreno dejando libre de todo obstáculo y elemento que pueda ser nocivo que impida el trabajo.

02.02.0DESVIOS Y ENCAUZAMIENTO DEL RÍO

Antes de iniciar los trabajos de captación, se tiene que desviar el río por la margen derecha ya que es la margen más apropiada; cuando se concluyan los trabajos en la captación se regresara el río a su cauce natural.

02.03.0 TRAZO, NIVELACIÓN Y REPLANTEO

El replanteo consistirá en la determinación precisa sobre el terreno, de los ejes, formas y niveles necesarios para desarrollar las obras.

Se empleará para ello los materiales e instrumentos necesarios para hacer el trabajo con precisión y lograr una representación firme de los ejes y ubicación de los elementos constructivos.

03.0. MOVIMIENTO DE TIERRAS

03.01.0EXCAVACIÓN MASIVA EN TERRENO ROCOSO

Todas las excavaciones se realizarán de acuerdo a los planos, la modificación de estos deberá estar aprobada y sustentada en el cuaderno de obra.

En algunos casos será necesario picar la roca con herramientas manuales tales como: Cinceles, combas; en otros se usarán taladros de perforación con motor para el uso de esta será necesario ceñirse a las normas de manipulación de taladros de perforación. Si es necesario se rellenara los desniveles con hormigón $f'c = 140 \text{ Kg/cm}^2$ la resistencia del suelo será verificada para que cumpla las condiciones de resistencia mínima.

03.02.0EXCAVACIÓN A MANO

La modificación de las formas y profundidades de excavación, se efectuará cuando se encuentre rellenos, suelos o rocas inestables o de dudosa resistencia portante.

03.03.0 RELLENO, COMPACTACIÓN CON MATERIAL PROPIO

Se realizará los trabajos necesarios de modo que la superficie de la subrasante presente los niveles, alineamiento, dimensiones y grado de compactación indicados, tanto en los planos del proyecto, como en las presentes especificaciones.

03.04.0 ELIMINACION DEL MATERIAL EXCEDENTE

La eliminación del material que, a consecuencia de derrumbes, deslizamientos, etc, se encuentre sobre la rasante del canal y del resto de estructuras, obstaculizando el trabajo. La eliminación incluirá el material proveniente de los excedentes de corte, excavaciones, etc.

04.0. CONCRETO ARMADO – HORMIGÓN ARMADO

a) Cemento

El cemento deberá ser tipo Portland, y el almacenamiento será bajo techo que no se encuentre en contacto con la humedad para evitar que se endurezca o se haga grumos, si el cemento estuviera con grumos o endurecidos se procederá a removerlo de inmediato.

b) Agregados

Los agregados estarán dentro de los límites específicos para cada tipo de mezcla que desee obtenerse, se empleará lo siguiente:

- Hormigón estructural para desarenador y cara de carga de 1"
- Hormigón de vigas y columnas de 3/4"
- Hormigón simple es macizos y soportes de anclajes de 1"

El agregado fino estará libre de sustancias orgánicas sin partículas que pasen por la malla n°200, el peso del agregado fino no será mayor al 50% del peso de los agregados finos y gruesos, no serán almacenados juntos.

c) Agua

El agua para preparación de la mezcla será sin sustancias nocivas para la preparación de las mezclas, abastecerá en la cantidad suficiente para todas las obras, la relación agua cemento será 0.58 para hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y para las otras la relación será 0.68, se realizará muestreo de las mismas.

05.0 ENCOFRADOS Y DEENCOFRADO LOSA Y PANTALLAS

Los encofrados serán construidos y apoyados en forma tal que permanezcan suficientemente rígidos durante el vaciado del hormigón para lograr las formas y dimensiones indicadas en los planos.

Se emplearán materiales y métodos constructivos que impidan la fuga de lechada de cemento. Se podrá utilizar para los encofrados moldes de madera.

Las superficies interiores serán listas y sin asperezas, o sea que en caso de usar encofrados de madera, estas serán cepilladas para el efecto de cara vista, pues las estructuras merecerán un ligero tratamiento de acabado a base de tarrajeo. Previamente las maderas serán tratadas con petróleo o sustancias similares que impidan la adherencia del hormigón a sus paredes.

a) Armado

Los encofrados serán armados de madera que pueda resistir los esfuerzos causados por la mezcla al momento de su vaciado, sin sufrir deformaciones, vale decir debidamente estructuradas mediante pies derechos, refuerzos laterales, apuntalamiento horizontal y vertical, tales elementos deberán estar perfectamente alineados según planos y en caso cuando se trata de estructuras esbeltas podrá encofrarse parcialmente de acuerdo al programa de vaciado del hormigón.

b) Desencofrado

Los encofrados serán removidos con golpeo o vibraciones que no pudieran dañar el hormigón, deberán transcurrir los siguientes tiempos mínimos antes de preceder a la remoción de los encofrados.

Tabla 66. Tiempos mínimos para desencofrados.
Fuente RNE

Superficies verticales (costados de vigas, muros, columnas)	24 horas
Elementos estructurales de trabajo horizontal	8 días
Losa	20 días
Fondo de vigas	28 días

06.0. JUNTAS DE CONSTRUCCION Y DILATACIÓN

a) Juntas de construcción

• Toda superficie resultante de una interrupción en el vaciado, constituye la junta de construcción.

• Durante el vaciado se tomará las medidas necesarias para que la superficie de la junta de construcción sea llenada lo mejor posible, inmediatamente después del de vaciado se ejecutará una limpieza.

b) Juntas de dilatación o de contracción

La junta de dilatación es un elemento que permite los movimientos relativos entre dos partes de una estructura o entre la estructura y otras con las cuales trabaja.

Las juntas de dilatación o de contracción podrán ser del tipo de superficies llamas y lisas o bien del tipo de encaje para asegurar la colaboración de las estructuras o los refuerzos.

Las juntas en el revestimiento de canales interesarán solamente una parte del espesor del revestimiento y se ejecutarán simultáneamente al vaciado del hormigón o bien se obtendrá después del endurecimiento por medio del fresado.

07.0. HABILITACIÓN Y COLOCACIÓN DE FIERRO

En todo caso se respetarán los diámetros propuestos en los planos para los elementos de hormigón armado con la utilización de Acero Nacional de grado 60, corrugado para los diámetros superiores al 1/4".

Las barras corrugadas de acero, laminadas en caliente tendrán un esfuerzo de fluencia $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$. El alambre que se utilizará en el amarre de los elementos de acero será de tipo negro N°16. En todo caso se recurrirá a las Normas Nacionales de Concreto para los efectos no previstos en las presentes especificaciones.

a) Anclajes

Los anclajes de los elementos de acero serán de acuerdo a las normas, pero en ningún caso menor de 20 veces el diámetro de acero correspondiente, dichos anclajes se efectuarán fuera de la zona de trabajo del material.

b) Empalmes

Cuando los elementos de acero no permitan utilizar barras completas deberán practicarse los empalmes en las zonas donde el material no está sometido a sus esfuerzos máximos.

La longitud de empalme no será menor de 30 diámetros para elementos en tracción y de 20 diámetros para los de compresión.

08.0. REVOQUES Y ENLUCIDOS

08.01.0 Tarrajeo acabado con cemento-arena

El revestimiento de los muros se efectuará con mezclas de morteros en la proporción 1:5 (cemento-arena). Dicho mortero estará libre de contener sustancias calcáreas y arena gruesa, se aplicará sobre el pañeteo previo y con mezcla relativamente seca, se curarán los tartajeos por lo menos durante 5 días mediante el riego con agua para hacer que siempre permanezca húmeda.

Es recomendable la utilidad de bruñas en las juntas de los elementos estructurales con la mampostería, tanto horizontalmente, uniones de vigas con muros y verticales, columnas con muros.

09.0. MAMPOSTERÍA

a) Ladrillos

Para la mampostería se ha proyectado el uso de ladrillos de arcilla cocida, los mismos que deberán reunir las características de resistencia (80 kg/cm^2), durabilidad, ausencia de materiales calcáreos, con buena cocción y de forma y de dimensión estándar.

b) Morteros

Los morteros para el asentado de ladrillos se prepararán con arena de graduación media, que logre libre de sustancias calcáreas y orgánicas, no se usará cal hidráulica.

La proporción de la mezcla cemento/arena será en proporción 1:4, la cantidad de agua será tal que no permita el escurrimiento de la mezcla al producirse el asentamiento, y cantidades tales que sean utilizados al instante.

La mezcla de cemento-arena se usara el mismo día de su preparación, debiendo desecharse el material preparado con mayor tiempo; pues la cantidad de humedad contenida en la arena dará lugar al fraguado.

C) Asentado

El asentado de los muros, tanto para soga como para cabeza serán en hiladas sucesivas con amarre tipo alterno tanto para los hilados horizontales así como para su colocación entre hiladas.

No deberán de asentarse por jornadas de 24 horas alturas mayores de 1.50m, debiendo esperarse por lo menos ese lapso de tiempo para continuar su asentado.

El curado de asentado de muros deberá efectuarse irrigando los elementos durante por lo menos 5 días hasta lograr un endurecimiento de por lo menos 70% de su resistencia total.

Los muros portantes no deberán ser sometidos a carga, si no después de 20 días de su asentado final.

10.0 TECHOS

Se deberá de prever el tipo de techado adecuado para la zona en donde se ubican las obras.

Se usará como acabado de la cobertura planchas de calamina o eternit sobre estructura de madera de eucalipto con correas de 2"x3" para todos los elementos apoyados y asegurados debidamente a su vez sobre tijeretales de 3"x6" todas ellas previamente tratadas y secas, con elementos protectores contra el ataque de la misma característica.

Los empalmes de los elementos estructurales se efectuarán a media caña y con refuerzos laterales en una longitud no menor de 10 veces el ancho de las escuadra.

11.01 OTROS

a) Puertas

Las puertas para la casa de máquinas, serán de tipo contraplacada, con acero, parrilla y marco de madera de la zona, recubiertas en ambas caras de madera torcida, las puertas exteriores serán de 5cm. de espesor y las interiores de 3cm. de espesor.

b) Ventanas

Las ventanas serán fabricadas a base de perfiles de acero. Constarán de paneles en la sala de máquinas y en la zona taller, almacenes y oficinas, serán de madera. Todos los paneles serán móviles con su eje de giro horizontal. Se colocarán cadenas de bronce para accionar las ventanas altas. Estas directivas podrán ser variadas según el diseño (ver plano de la casa de máquinas)

c) Cerrajería

Las chapas de las puertas exteriores de la casa de máquinas serán de tipo Yale de doble golpe o similar. En las puertas interiores se colocarán chapas tubulares del tipo Goal o similar.

Las bisagras serán del tipo de pasador, cada hoja llevará 3 bisagras, de 4" las puertas exteriores y de 3 1/2" las interiores.

Todos los elementos de cerrajería deberán ser aprobados por el Ingeniero inspector, antes de ser incorporadas a la obra.

d) Vidrios

Todos los vidrios serán transparentes, de clase semidoble nacional.

12.0. ACABADOS

a) Mayólica

Deberá asentarse con mezcla rica sobre los muros, dándole separación pareja de 2mm. entre pinzas y ambos sentidos, la mezcla deberá sufrir el total del contacto de la losetilla en el muro. Previamente a su asentado la mayólica deberá ser humedecida por inmersión en agua por lo menos durante 4 horas. Una vez fraguado el sentado de la mayólica se sellarán las juntas con el uso de cemento blanco o porcelanas dándole un acabado parejo y uniforme.

b) Pisos

Salvo en aquellas obras que cuentan con losa armada, se deberá preparar debidamente la base del piso regándola y compactándola con pisón. El falso piso será colocado en la casa de máquinas y consistirá en una capa de 10cm. (4") de concreto de proporción 1:2 ½:5 será nivelada a regla dotada de acabado superficial rugoso. Todos los pisos serán de cemento bruñido de 2" de espesor.

c) Pinturas

Serán aplicadas sobre la superficie previamente lijadas y embarradas con cal y cola tipo carpintero. Se aplicarán dos capas de pintura de la misma mezcla de color establecido por la inspección; luego de estas se efectuarán los rasantes con masilla apropiada, para luego darle la capa final.

En los elementos y una vez absorbido este se aplicará la primera capa de pintura, una vez que este se halla secado se podrá aplicar la segunda mano o capa final de acabado.

En los elementos metálicos se aplicará una capa de pintura antioxidante anticorrosivo para luego aplicar la pintura de acabado.

13.0. VEREDAS

Esta sección se refiere a los trabajos de acabado en los exteriores de la casa de máquinas. Se construirán en los lugares indicados en los planos, en el perímetro y acceso a la casa de máquinas, consistirán en una losa de hormigón de $f'c = 140 \text{ Kg/cm}^2$ la superficie externa de las veredas estarán acabados hasta lograr un acabado uniforme, sin rugosidades ni asperezas. Las superficies serán bruñidas formando cuadros.

14.0. INSTALACIONES ELÉCTRICAS

a) Generalidades

Las siguientes especificaciones técnicas corresponden a las instalaciones interiores y alrededores de la casa de máquinas.

b) Especificaciones de materiales

-Tubería

Los circuitos derivados para iluminación y toma de corrientes en muros y techos, serán de cloruro de polivinilo P.V.C. del tipo liviano SEL (Estandar Europeo Liviano), con calibre y espesores mínimos establecidos en el código eléctrico del Perú.

-Conductores

Todo el alumbrado para iluminación y toma corriente deberá ejecutarse con alambre unipolar de cobre electrolítico de 99.9% de conductividad, con aislamiento T.W. de material plástico adecuado.

-Cajas

Serán del tipo liviano de fierro galvanizado, fabricadas con planchas de 1/32" y espesor mínimo estampadas, las orejas para la fijación de los accesorios estarán mecánicamente aseguradas en las mismas. Las dimensiones generales del cuerpo serán 4"x2 1/4"x1 1/8".

Las cajas para interruptores y tomacorrientes serán rectangulares de 4"x2 1/4"x1 1/8".

Las cajas para centros y braquetes serán octagonales de 4"x1 1/2" de profundidad.

-Interruptores, tomacorrientes y placas

Serán de tipo para empotrar con placas de baquelita de color marfil, similar al tipo Ticinio Domino. Todos los tomacorrientes serán dúplex.

-Tablero general

Del tipo para empotrar, de madera con puerta metálica de una profundidad y dimensiones que permitan instalar los interruptores del tipo automático con sus correspondientes fusibles de plomo, de acuerdo a los circuitos que servirán o a las capacidades en amperios.

15.0. INSTALACIONES SANITARIAS

a) Aparatos sanitarios

Serán de fabricación nacional en losas vitrificadas blancas de primera calidad de acuerdo con las normas INTINTEC, no se permitirá el uso de aparatos sanitarios con rajaduras y defectos de fabricación especialmente aquellos que no permitan el buen acople e instalación de accesorios.

Los accesorios serán de bronce cromados para las válvulas y sifones de desagüe de plásticos en inodoros, los tubos de abasto de anillo de bronce cromados para agua y de plomo para desagüe en los aparatos sanitarios.

b) Redes de agua

Se han proyectado el uso de tubería de fierro galvanizado con uniones roscadas, para los servicios de agua potable. Para los servicios de desagüe se empleará tuberías PVC Nacional, con uniones de espiga y campanas fijadas con pegamento ad-hoc, según especificaciones del fabricante de la tubería.

Cada circuito independiente contará con válvula de compuerta de bronce instalada entre dos uniones adecuadas, para su cambio por mantenimiento o reparación, estas uniones universales serán roscadas y en su instalación no deberá utilizarse ningún tipo de pintura.

Las instalaciones deberán someterse a prueba de carga de 1.5 veces la presión de servicios de la red, o a 60 PSI, antes de instalar los aparatos sanitarios, dicha prueba deberá efectuarse de acuerdo a las normas de Reglamento Nacional de Construcción del Perú. Posteriormente procederá a la desinfección de la red con la utilización de soluciones de cloro, luego se realizará el lavado de la tubería para su puesto en uso.

c) Desagüe y ventilación

Las redes exteriores de descarga se han proyectado con la utilización de tubería P.V.C., los mismos que entregarán a cajas de registro. En los interiores de las instalaciones de desagüe son de tubería de P.V.C con los diámetros indicados en los planos.

Los accesorios como tasas, codos y sanitarios, etc. Son del mismo material para las instalaciones interiores, tanto de desagüe como lo de ventilación, en los terminales de los conductos de ventilación se deberá de proteger los mismos con sombretes del mismo material.

Las cajas de registro en la instalación exterior será tipo King Kong, asentados con mezcla 1:5 y revestidos con mezcla fina dándoles acabados lisos y medias cañas en el fondo, de acuerdo al flujo de las aguas, las tapas serán de hormigón armado, con refuerzo de fierro de 1/4" en malla espaciada a 10 cm. Y en ambos sentidos, se les dotará de dispositivos de izaje que permitirán su remoción para labores de mantenimiento.

Las dimensiones de las cajas están de acuerdo a las normas del reglamento Nacional de Construcciones del Perú, siendo los fondos máximos de 0.60m. para cajas de 10" x 20" y de 1.20 m. para las de 24x24".

d) Del pozo séptico

Será con las paredes de ladrillo con acabado tarrajado y sobre un fondo impermeable constituido por un falso piso de 4" de espesor, tanto las tapas como la pantalla separadora de

grasa será de hormigón armado de 2 ½" de espesor y con malla de acero de 1/4" a 10 cm. en ambos sentidos, las tapas serán desmontables.

Las siguientes especificaciones técnicas corresponden a las instalaciones interiores y alrededores de la casa de máquinas.

16.0. DESARENADOR Y CÁMARA DE CARGA

Se seguirán las indicaciones de los planos, en cuanto se refiere a las medidas. El hormigón será de un $f'c = 175\text{Kg/cm}^2$; se tendrá especial cuidado en la construcción del canal de descarga del Desarenador, con la finalidad de que evacue los sólidos sedimentados, sin demora. En la cámara de presión, se tendrá que construir la rejilla de protección en la entrada de la tubería forzada, tal como se especifica el plano respectivo.

Los muros y el fondo de esta parte de la estructura, serán de hormigón. Al momento de la construcción, la entrada de la tubería forzada será hecha en forma de campana o cono truncado.

Las especificaciones serán tarrajeadas en su totalidad. Las compuertas serán del tamaño que lo especifican los planos.

17.0. ESPECIFICACIONES PARA LA FABRICACIÓN Y MONTAJE DE LA TUBERÍA DE PRESIÓN

a) Generalidades

Esta sección de la especificación cubre los mínimos requisitos para el diseño de detalles, fabricación, inspección, prueba y pintado de las tuberías de acero no enterradas y que unen la cámara de carga o tanque de equilibrio a la casa de máquinas del proyecto de una pequeña central hidroeléctrica especificaciones detalladas de las estructuras auxiliares de la tubería de acero tales como bloques de anclajes y apoyos, se deberá hacer referencia a la pertinente sección de esta especificación.

Los límites de suministro para la tubería de presión son desde el extremo superior (aguas arriba) de la tubería donde se conecta la cámara de carga o tanque de equilibrio a la(s) brida(s) aguas arriba de la(s) válvula(s) de la entrada de la turbina.

b) Documentos del diseño

Esta sección de la especificación se leerá en conjunto con los pertinentes planos del Diseño Básico de ingeniería que detallan la planta y secciones de la tubería, bloques de anclaje, juntas de dilatación y detalles de soportes, etc.

c) Condiciones de operación

-Presiones

Las condiciones de operación en que la tubería es diseñada consisten en:

- Presión máxima de operación que incluye la caída estática más carga del golpe de ariete de operación máxima que estará limitado por un mecanismo de control de generador de la turbina.
- Presión de operación de emergencia resultante de la peor combinación posible de condiciones de operación y falla en mecanismos de control.

Las condiciones de operación serán las que se indiquen en cada plano particular de la tubería.

-Temperaturas

Temperaturas de operación pueden variar entre menos de 10 grados y mas de 40 grados Celsius

-Condiciones de fluido

El fluido de las tuberías es agua cruda, conteniendo elementos abrasivos y con una velocidad máxima de flujo de metros por segundo.

-Condiciones antisísmicas

Las tuberías serán ubicadas en un área sujeta a condiciones antisísmicas.

d) Información sobre diseño y detalles de fabricación

-Generalidades

Los diámetros, grosor de paredes y trazos geométricos de la tubería deberán coincidir con los pertinentes planos del diseño de ingeniería básica. Las tuberías del tipo con juntas de dilatación que estarán generalmente ubicadas justo aguas debajo de cada bloque de anclaje.

Las tuberías del tipo juntas de dilatación tiene soportes intermedios entre los bloques de anclaje, espaciados aproximadamente cada 7 metros dependiendo del diámetro calculado, del grosor de la pared, del peso máximo de operación y de la ubicación de cada junta de expansión requerida, etc. El espaciamiento requerido es mostrado en los planos del diseño básico de ingeniería.

Las tuberías podrán ser fabricadas de tubos normalizados y/o de enroladas planchas con juntas soldadas a tope.

-Espesor mínimo

El espesor mínimo de las secciones de las tuberías no serán menor que el espesor requerido de acuerdo con los cálculos hechos, más un mínimo margen de corrosión.

-Longitud de fabricación

La longitud total requerida de la tubería es la que se muestra en los planos de diseño de ingeniería básica. La longitud de cada tubo se ha determinado por: la facilidad de transporte y acceso en obra. Habiéndose definido una longitud de 3.50m cada tubo.

-Temperatura de diseño

Las siguientes condiciones de temperatura han sido consideradas en el diseño de la sección de la tubería.

- En grandes altitudes la temperatura de operación podrá no ser menos 10 grados Celsius.
- En bajas altitudes, cuando la tubería se encuentre vacía, la temperatura podrá llegar a 30 grados Celsius sobre la temperatura ambiente.

e) Materiales de construcción

Los materiales a ser usados para la tubería de presión y sus accesorios serán los apropiados para la propuesta aplicación. En general los materiales serán seleccionados, según lo apropiado, de una norma de las siguientes especificaciones. Requisitos específicos podrán ser mostrados en los planos del diseño de ingeniería, tales requisitos regirán esta cláusula de la especificación. En particular, se indica en los dibujos si el acero debe de cumplir con una especificación apropiada para servicio de temperaturas menores también son apropiados para servicio de temperaturas normales pero no viceversa.

Se podrá proponer alternativas en cuanto a materiales equivalentes en sus costos. Si esto sucede, se indicarán las normas o especificaciones que cumplirán los materiales propuestos.

Tuberías, bridas y pernos

Tubería normalizada

ASTM 106 GR A o B, (Para servicio de temperatura normal)

ASTM A 333 GR 1 o 6 LT o 45, (Para servicio de T^a menores)

Materiales para bridas

Forjadura ASTM a 181 GRI

Plancha ASTM A 518 GR 55 o 50

Materiales para empinado

ASTM A 193 GR B7

Pernos ASTM A 194 GR 2H

Anillos de empuje, planchas, anillos de refuerzo, mensuras y argollas, etc.

Serán fabricados con materiales de planchas cuyos valores de esfuerzo permitidos son iguales o mayores que aquel del material usado en la estructura de la tubería.

Materiales para soldado

Todos los materiales para soldaduras deberán cumplir con los requisitos o ser equivalente a las especificaciones AWS-ASTM y deberán contar con el certificado del fabricante que asegure el cumplimiento de la especificación como se enumeran en el procedimiento de soldado aprobado.

f) Materiales

Todos los materiales a usarse deberán de ser los adecuados para el servicio propuesto con respecto a retención de propiedades mecánicas satisfactorias y resistencia a la corrosión, erosión, oxidación y cualquier otro tipo de deterioro durante el servicio propuesto.

Margen de corrosión

Se considera que un margen por corrosión y desgaste de 2 mm sea suficiente en condiciones normales de operación. En todos los cálculos de tuberías se ha incrementado el espesor de las

mismas por estos 2mm, lo que también se indica en los planos donde las dimensiones ya incluyen el sobre espesor

En caso que el análisis de agua demuestre características especialmente corrosivas o abrasivas, se aumentará el espesor de la tubería y se indicará en los planos de ingeniería básica.

Juntas de dilatación

Si se indica en los planos, es diseño de la tubería incluye el adecuado tipo de juntas de dilatación.

Certificados de pruebas

El contratista deberá de proveer certificados de pruebas de materiales indicando cumplimiento de los requisitos.

g) Inspección durante el armado en obra

La tubería será confrontada con los planos para asegurar que los grosores, pendiente de la tubería, etc. están de acuerdo con los requisitos de diseño.

El contratista deberá chequear que el apropiado nivel de limpieza sea mantenido durante la construcción de la tubería. Todo material suelto, grasa, residuos de la soldadura, etc. serán removidos. La tubería deberá estar permanentemente protegida contra el ingreso de suciedad y desperdicios.

Las juntas de dilatación serán chequeadas para comprobar su correcta ubicación y ensamblaje con respecto a la preparación de los extremos de la tubería, correcto alineamiento, distancia recomendada entre piezas a soldar.

h) Examinación radiográfica

El examen radiográfico se hará de acuerdo con el código de recipiente de presión y Hervidor ASME, sección VIII, artículo 2 (ASME Boiler and Pressure Vessel Code).

La interpretación de cualquier examinación radiográfica estará de acuerdo con el código de recipiente de presión y Hervido ASME, sección VIII, División 1, párrafo UW-51 (ASME Boiler and Pressure Vessel Code)-Todas las juntas de soldados a tope, longitudinales y periféricos, en la tubería de presión serán radiográficamente examinadas. El alcance de la radiografía dependerá en la eficiencia de la junta usada en el diseño como se describe esta especificación

(eficiencia de la junta de soldadura).-Para el examen radiográfico suplementarias y para el chequeo de soldaduras que no sean fácilmente accesibles para radiografías, el inspector usará pintura penetrante, partícula magnética y métodos ultra-sonidos y equipo para asegurar que las soldaduras no contengan ningún efecto inaceptable. Estos exámenes se llevarán a cabo de acuerdo con el código de recipiente de presión y Hervidor ASME, sección V (ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

EQUIPO ELECTROMECHANICO

La especificaciones técnicas que a continuación se describen para cada una de los componentes del Equipo Electromecánico de la Central Hidroeléctrica, serán respetadas estrictamente por los Ingenieros que participen en los trabajos de campo; esto es, en el trabajo de instalación. Además se efectuará una estricta supervisión técnica para cumplir con las especificaciones sobre materiales, dimensiones, pesos, resistencia, etc.

El transporte se hará bajo estrictos cuidados y utilizando embalajes que garanticen la conservación de las máquinas, igualmente el manipuleo se hará bajo la supervisión de profesionales en el tema.

La futura operación de los equipos estará a cargo de personas que serán capacitadas para tal propósito por los ejecutores del proyecto.

El sistema de regulación será mediante el regulador Electrónico de carga que para el caso de microcentrales es el más indicado a usar, debido a que en cuanto a los costos tanto de inversión inicial así como también de operación y mantenimiento son más bajos.

ANEXO 3: CRONOGRAMA

CROMOGRAM DE EJECUCIÓN DE OBRA

El cronograma de ejecución de las obras civiles se realizara de la siguiente manera:

Nº	DESCRIPCION	I MES	II MES	III MES	IV MES	V MES
01.00	BOCATOMA	50% ————	50% ————			
02.00	CANAL DE CONDUCCION		33% ————	33% ————	34% ————	
03.00	DESARENADOR		65% ————	35% ————		
04.00	CAMARA DE CARGA			60% ————	40% ————	
05.00	TUBERIA DE PRESION Y ANCLAJES				50% ————	50% ————
06.00	CASA DE FUERZA Y CANAL DE DESCARGA				50% ————	50% ————

ANEXO 4: ENCUESTA SOCIECONÓMICA

ENCUESTA SOCIOECONOMICA

Localidad: _____
Fecha: _____
Nombre del Encuestado: _____

I. ASPECTOS GENERALES:

1.1 De que fuente consume agua mayormente para su alimentación.

(Marque con (x) una o más alternativas)

Agua potable () agua entubada ()
Agua de manantial () agua de río ()
Agua de acequia ()
Otros () especifique: _____

a) Si trae agua fuera de la casa ¿Cuánto tiempo se demora en llegar al lugar de donde trae el agua?

b) ¿Qué persona de la familia es la que trae el agua para consumo a la casa?

Padre () Madre () Hijos ()
Todos ()

c) ¿En qué recipiente recogen y guardan el agua?

1.2 La vivienda dispone de:

Desagüe () Pozo ciego ()
Letrina () No dispone ()
Otros () especifique: _____

1.3 Cuantos habitaciones tiene su vivienda:

Uno () Dos ()
Tres () Cuatro ()
Cinco a más ()

1.4 El material predominante en las paredes es:

(Marque con (x) solo la alternativa correspondiente)

Material noble () Quincha ()
Adobe () Madera ()
Tapial () Estera ()
Piedra con barro () Otro: ()
Especifique: _____

1.5 El material predominante en los techos es:

(Marque con (x) solo la alternativa correspondiente)

Eternit () Teja común ()
Calamina () Paja (ichu) ()

Teja andina () Otro ()
Especifique: _____

1.6 El material predominante en los pisos es: (Marque con (x) solo la alternativa correspondiente)

Tierra () Enladrillado ()
Cemento () Losetas o semejantes ()
Madera () Otros ()
Especifique: _____

1.7 Datos de la cocina:

a) ¿Dónde está ubicada tu cocina?:

En un cuarto aparte ()
Fuera de la casa ()
Duermen y cocinan en el mismo lugar ()
Otros, especifique ()

b) ¿De qué material es su cocina (fogón)?

Piedra ()
Adobe ()
Barro y paja ()
Otros, especifique ()

1.8 Hábitos en la cocción de alimentos:

a) ¿Cuántas veces al día cocina?
1 () 2 () 3 () más de 3 veces ()

b) ¿Cuánto tiempo demora en cocinar?

c) ¿Qué tipo de alimentos cocinas principalmente?

d) ¿Tienen alguna dificultad en el uso de su cocina (fogón)?

Si () No ()

e) ¿Cuál?

Se demora en cocinar los alimentos ()
Produce mucho humo ()
Gasta mucho combustible ()
No existe combustible suficiente ()
Otros, especificar ()

II. CARACTERISTICAS SOCIALES:

2.1 Composición familiar

(Registre también a los ausentes menores de 6 meses y a recién nacidos)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela académico profesional de ingeniería civil
“MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUPILOMA-CHAUPIRUME”

N°	Miembros	SEXO (H) ó (M)	Edad	Instrucción (de 03 años a mas)	Actividad principal)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

2.5 Migración por empleo

a) Alguien de su familia sale a trabajar fuera del caserío por temporadas durante el año

Si () especifique No () pase pregunta (C).

N°	Parentesco	Sexo	Actividad	Tiempo (mes)	Salario /día

b) ¿A qué lugar o lugares va?

(Especifique el nombre donde corresponde)

Provincia _____
 Distrito _____
 Centro Poblado _____
 Caserío _____

c) Usted tiene algún familiar que esté viviendo en otro lugar y que apoye económicamente.

Si () especifique No () pase pregunta 3.1

Miembro	Actividad	Apoyo económico/mes

III. ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

3.1 Agricultura.

a) ¿Usted tiene terreno? Si () No ()

¿Cuántas hectáreas?

Condición de tierras	N° de hectáreas
Riego	
Secano	
Total	

b) Destino de la producción

Cultivo	Área cultivada (hectáreas)	Cantidad cosechada			Destino		Precio Unitario\$/.
		@	kg	und	semilla	Auto consumo	venta

3.2 Ganadería

a) ¿Usted cría o tiene Animales?

Si () especifique No () pase pregunta 3.3

Especie	N°	ORIENTACION DE LA PRODUCCION					
		Destino del ganado			Destino de leche		
		Autoconsumo	venta		autoc consumo	venta	
			unidad	Precio /unidad		Litros/día	Precio /litro

¿brinda otro tipo de actividades o brinda servicios que le generan ingresos económicos? (Sólo los que habiten en la vivienda)

Si () especifique No () pase pregunta 3.4

TIPO	Responsable	Cantidad (mensual)	Precio unitario \$/.	Ingreso mensual

a) ¿Tiene formalizado alguno de estos negocios?

b) ¿Cómo se llama su empresa?

3.4 Tecnología

a) Tiene herramientas o equipos que requieran de electricidad para su funcionamiento?

Si () No ()

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela académico profesional de ingeniería civil
"MICROCENTRAL HIDROELECTRICA CHAUPILOMA-CHAUPIRUME"

¡NO DAR LAS OPCIONES AL ENCUESTADO!	Cantidad.	Pot. (W)	Hrs/ uso diario	De contar con energía, ¿qué artefactos compraría?
Equipo de sonido				
Radio grabadora				
Refrigeradora				
DVD				
Televisor a color				
Televisor B/N				
Sierra circular				
Tomo				
Cepilladora				
Esmeril				
Taladro				
Máquina de coser eléctrica				
Bomba eléctrica				
Incubadora				
Máquina de moler eléctrica				
Plancha eléctrica				
Máquina de soldar				
Molino de granos				
Otros				

IV. GASTOS EN ENERGIA

4.1 Fuentes de energía que utiliza para alumbrado y artefactos.

TIPO DE ARTEFACTO	Cantidad	Fuente de energía	Consumo/semanal : litros, carga, paquetes, pares, recargas	Precio unitario S/.
Lámpara a tubo				
Mechero				
Petromax				
Lámpara a gas				
Baterías				
Pequeño grupo electrógeno				
		Velas		
		Pilas		
Ninguno				
Otros ().....				

- a) Donde compraba el kerosene, velas, pilas, gas, carga de baterías?

- b) A parte del alumbrado en la vivienda/uso doméstico, para que utilizaría la energía eléctrica.

4.2 ¿Qué combustible usa en su hogar para cocinar?

TIPOS	UNIDADES (Carga, Valor , Kg, litros)	
	Cantidad	Precio S/
Cocina con:		
Leña/semanal		
kerosene /semana		
Bosta/semanal		
Gas/mes		
Otros		

V. CAPITAL HUANO

A. ASPECTOS TÉCNICOS:

5.1. Ud. o alguien de su familia recibió alguna capacitación técnica?

Si () especifique No ()

5.2. Estaría Ud. o alguien de su familia dispuesto a usar su tiempo para capacitarse.

Si () No ()

Nº	Miembros	Tipo de capacitación	¿Dónde?

5.3. Estaría Ud. o alguien de su familia dispuesto a invertir dinero para capacitarse

Si () No ()

B. PARTICIPACIÓN EN PROGRAMAS SOCIALES:

5.4. Su familia pertenece a algunos de los siguientes Programas

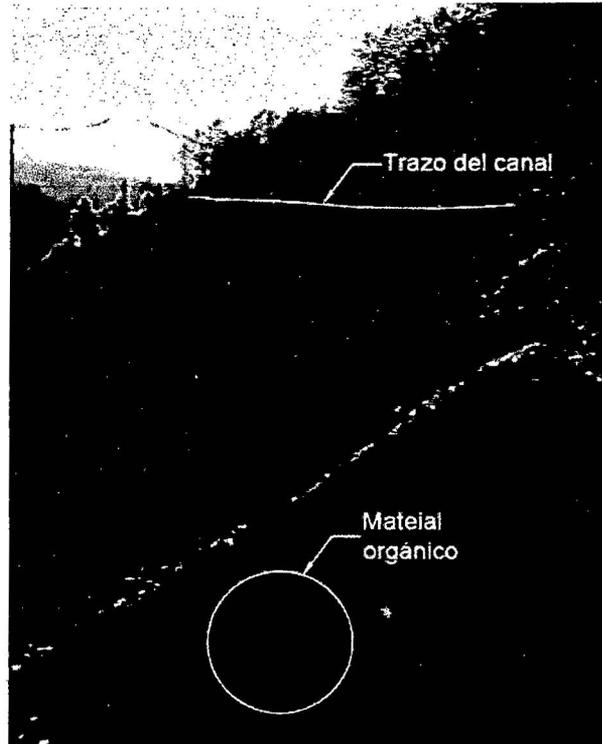
Programas	Sí	No	Que Beneficios Reciben
Comedor Popular			
Programa JUNTOS			
CRECER			
Vaso de Leche			
OTRO (especifique)			

Observaciones: _____

ANEXO 5: PANEL FOTOGRÁFICO

Canal de conducción

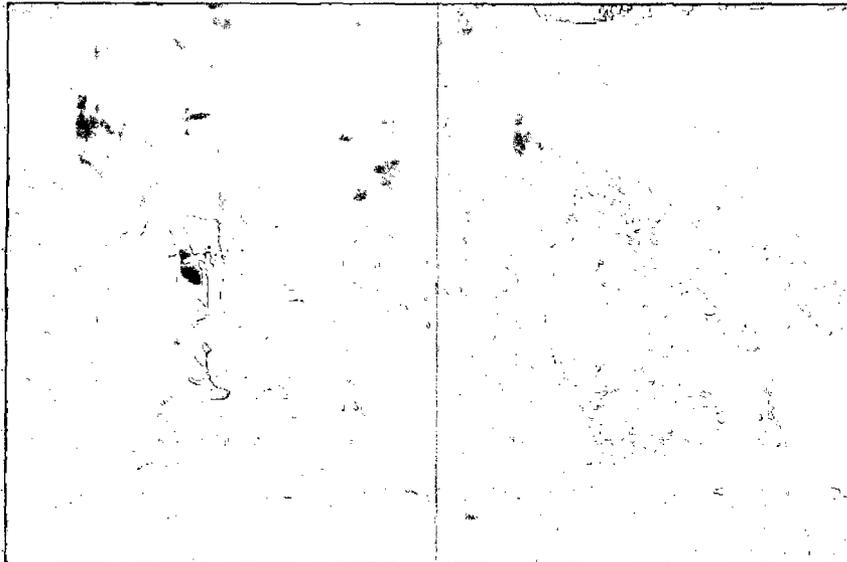
Fotografía 4. Material orgánico la longitud de este tramo es de 120 m.
Fuente: elaboración propia



Fotografía 5 .material rocoso la longitud de este tramo es de 200 m
. Fuente: elaboración propia



Fotografía 6. Material rocoso la longitud de este tramo es de 200 m
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 7. material filtrante la longitud de este tramo es de 718 m
Fuente: elaboración propia.



Fotografía 8. Plataforma del canal
Fuente: elaboración propia



En caso que el análisis de agua demuestre características especialmente corrosivas o abrasivas, se aumentará el espesor de la tubería y se indicará en los planos de ingeniería básica.

Juntas de dilatación

Si se indica en los planos, es diseño de la tubería incluye el adecuado tipo de juntas de dilatación.

Certificados de pruebas

El contratista deberá de proveer certificados de pruebas de materiales indicando cumplimiento de los requisitos.

g) Inspección durante el armado en obra

La tubería será confrontada con los planos para asegurar que los grosores, pendiente de la tubería, etc. están de acuerdo con los requisitos de diseño.

El contratista deberá chequear que el apropiado nivel de limpieza sea mantenido durante la construcción de la tubería. Todo material suelto, grasa, residuos de la soldadura, etc. serán removidos. La tubería deberá estar permanentemente protegida contra el ingreso de suciedad y desperdicios.

Las juntas de dilatación serán chequeadas para comprobar su correcta ubicación y ensamblaje con respecto a la preparación de los extremos de la tubería, correcto alineamiento, distancia recomendada entre piezas a soldar.

h) Examinación radiográfica

El examen radiográfico se hará de acuerdo con el código de recipiente de presión y Hervidor ASME, sección VIII, artículo 2 (ASME Boiler and Pressure Vessel Code).

La interpretación de cualquier examinación radiográfica estará de acuerdo con el código de recipiente de presión y Hervido ASME, sección VIII, División 1, párrafo UW-51 (ASME Boiler and Pressure Vessel Code)-Todas las juntas de soldados a tope, longitudinales y periféricos, en la tubería de presión serán radiográficamente examinadas. El alcance de la radiografía dependerá en la eficiencia de la junta usada en el diseño como se describe esta especificación (eficiencia de la junta de soldadura).-Para el examen radiográfico suplementarias y para el chequeo de soldaduras que no sean fácilmente accesibles para radiografías, el inspector usará pintura penetrante, partícula magnética y métodos ultra-sonidos y equipo para asegurar que las

soldaduras no contengan ningún efecto inaceptable. Estas exámenes se llevarán a cabo de acuerdo con el código de recipiente de presión y Hervidor ASME, sección V (ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

EQUIPO ELECTROMECHANICO

Las especificaciones técnicas que a continuación se describen para cada una de los componentes del Equipo Electromecánico de la Central Hidroeléctrica, serán respetadas estrictamente por los Ingenieros que participen en los trabajos de campo; esto es, en el trabajo de instalación. Además se efectuará una estricta supervisión técnica para cumplir con las especificaciones sobre materiales, dimensiones, pesos, resistencia, etc.

El transporte se hará bajo estrictos cuidados y utilizando embalajes que garanticen la conservación de las máquinas, igualmente el manipuleo se hará bajo la supervisión de profesionales en el tema.

La futura operación de los equipos estará a cargo de personas que serán capacitadas para tal propósito por los ejecutores del proyecto.

El sistema de regulación será mediante el regulador Electrónico de carga que para el caso de microcentrales es el más indicado a usar, debido a que en cuanto a los costos tanto de inversión inicial así como también de operación y mantenimiento son más bajos.

ANEXO 3:

ENCUESTA SOCIECONOMICA

ENCUESTA SOCIOECONOMICA

Teja andina () Otro ()
 Especifique _____

Localidad: _____
 Fecha: _____
 Nombre del Encuestado: _____

1.6 El material predominante en los pisos es:
 (Marque con (x) solo la alternativa correspondiente)

I. ASPECTOS GENERALES:

Tierra () Enladrillado ()
 Cemento () Losetas o semejantes ()
 Madera () Otros ()
 Especifique: _____

1.1 De que fuente consume agua mayormente para su alimentación.

(Marque con (x) una o más alternativas)

Agua potable () agua entubada ()
 Agua de manantial () agua de rio ()
 Agua de acequia ()
 Otros () especifique: _____

a) Si trae agua fuera de la casa ¿Cuánto tiempo se demora en llegar al lugar de donde trae el agua?

b) ¿Qué persona de la familia es la que trae el agua para consumo a la casa?

Padre () Madre () Hijos ()
 Todos ()

c) ¿En qué recipiente recogen y guardan el agua?

1.2 La vivienda dispone de:

Desagüe () Pozo ciego ()
 Letrina () No dispone ()
 Otros () especifique: _____

1.3 Cuantos habitaciones tiene su vivienda:

Uno () Dos ()
 Tres () Cuatro ()
 Cinco a más ()

1.4 El material predominante en las paredes es:

(Marque con (x) solo la alternativa correspondiente)

Material noble () Quincha ()
 Adobe () Madera ()
 Tapial () Estera ()
 Piedra con barro () Otro: ()
 Especifique: _____

1.5 El material predominante en los techos es:

(Marque con (x) solo la alternativa correspondiente)

Eternit () Teja común ()
 Calamina () Paja (ichu) ()

1.7 Datos de la cocina:

a) ¿Dónde está ubicada tu cocina?:

En un cuarto aparte ()
 Fuera de la casa ()
 Duermen y cocinan en el mismo lugar ()
 Otros, especifique ()

b) ¿De qué material es su cocina (fogón)?:

Piedra ()
 Adobe ()
 Barro y paja ()
 Otros, especifique ()

1.8 Hábitos en la cocción de alimentos:

a) ¿Cuántas veces al día cocina?
 1 () 2 () 3 () más de 3 veces ()

b) ¿Cuánto tiempo demora en cocinar?

c) ¿Qué tipo de alimentos cocinas principalmente?

d) ¿Tienen alguna dificultad en el uso de su cocina (fogón)?

Si () No ()

e) ¿Cuál?

Se demora en cocinar los alimentos ()
 Produce mucho humo ()
 Gasta mucho combustible ()
 No existe combustible suficiente ()
 Otros, especificar ()

II. CARACTERISTICAS SOCIALES:

2.1 Composición familiar

(Registre también a los ausentes menores de 6 meses y a recién nacidos)

N°	Miembros	SEXO (H) ó (M)	Edad	Instrucción(de 03 años a mas)	Actividad principal)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

2.5 Migración por empleo

a) Alguien de su familia sale a trabajar fuera del caserío por temporadas durante el año

Si () especifique No () pase pregunta (C).

N°	Parentesco	Sexo	Actividad	Tiempo (mes)	Salario /día

b) ¿A qué lugar o lugares va?

(Especifique el nombre donde corresponde)

Provincia _____
 Distrito _____
 Centro Poblado _____
 Caserío _____

c) Usted tiene algún familiar que esté viviendo en otro lugar y que apoye económicamente.

Si () especifique No () pase pregunta 3.1

Miembro	Actividad	Apoyo económico/mes

III. ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

3.1 Agricultura.

a) ¿Usted tiene terreno? Si () No ()

¿Cuántas hectáreas?

Condición de tierras	N° de hectáreas
Riego	
Secano	
Total	

b) Destino de la producción

Cultivo	Área cultivada (hectáreas)	Cantidad cosechada			Destino		Precio Unitario S/.
		@	kg	und	semilla	Auto consumo	venta

3.2 Ganadería

a) ¿Usted cría o tiene Animales?

Si () especifique No () pase pregunta 3.3

3	Especie	N°	ORIENTACION DE LA PRODUCCION				
			Destino del ganado		Destino de leche		
			Autoconsumo	venta	autoc consumo	venta	
			unidad	Precio /unidad		Litros/ día	Prec /litr.

¿brinda otro tipo de actividades o brinda servicios que le generan ingresos económicos? (Sólo los que habiten en la vivienda)

Si () especifique No () pase pregunta 3.4

TIPO	Responsable	Cantidad (mensual)	Precio unitario S/.	Ingreso mensual

a) ¿Tiene formalizado alguno de estos negocios?

b) ¿Cómo se llama su empresa?

3.4 Tecnología

a) Tiene herramientas o equipos que requieran de electricidad para su funcionamiento?

Si () No ()

¿NO DAR LAS OPCIONES AL ENCUESTADO!	Cantidad.	Pot. (W)	Hrs/ uso diario	De contar con energía, ¿qué artefactos compraría?
Equipo de sonido				
Radio grabadora				
Refrigeradora				
DVD				
Televisor a color				
Televisor B/N				
Sierra circular				
Tomo				
Cepilladora				
Esmeril				
Taladro				
Máquina de coser eléctrica				
Bomba eléctrica				
Incubadora				
Máquina de moler eléctrica				
Plancha eléctrica				
Máquina de soldar				
Molino de granos				
Otros				

IV. GASTOS EN ENERGIA

4.1 Fuentes de energía que utiliza para alumbrado y artefactos.

TIPO DE ARTEFACTO	Cantidad	Fuente de energía	Consumo/semanal : litros, carga, paquetes, pases, recargas	Precio unitario S/.
Lámpara a tubo				
Mechero				
Petromax				
Lámpara a gas				
Baterías				
Pequeño grupo electrógeno				
		Velas		
		Pilas		
Ninguno				
Otros ().....				

a) Donde compraba el kerosene, velas, pilas, gas, carga de baterías?

b) A parte del alumbrado en la vivienda/uso doméstico, para que utilizaría la energía eléctrica.

4.2 ¿Qué combustible usa en su hogar para cocinar?

TIPOS	UNIDADES (Carga, Valor, Kg, litros)	
	Cantidad	Precio S/
Cocina con: Leña/semanal		
kerosene /semana		
Bosta/semanal		
Gas/mes		
Otros		

V. CAPITAL HUANO

A. ASPECTOS TÉCNICOS:

5.1. Ud. o alguien de su familia recibió alguna capacitación técnica?

Si () especifique No ()

5.2. Estaría Ud. o alguien de su familia dispuesto a usar su tiempo para capacitarse.

Si () No ()

Nº	Miembros	Tipo de capacitación	¿Dónde?

5.3. Estaría Ud. o alguien de su familia dispuesto a invertir dinero para capacitarse

Si () No ()

B. PARTICIPACIÓN EN PROGRAMAS SOCIALES:

5.4. Su familia pertenece a algunos de los siguientes Programas

Programas	Sí	No	Que Beneficios Reciben
Comedor Popular			
Programa JUNTOS			
CRECER			
Vaso de Leche			
OTRO (especifique)			

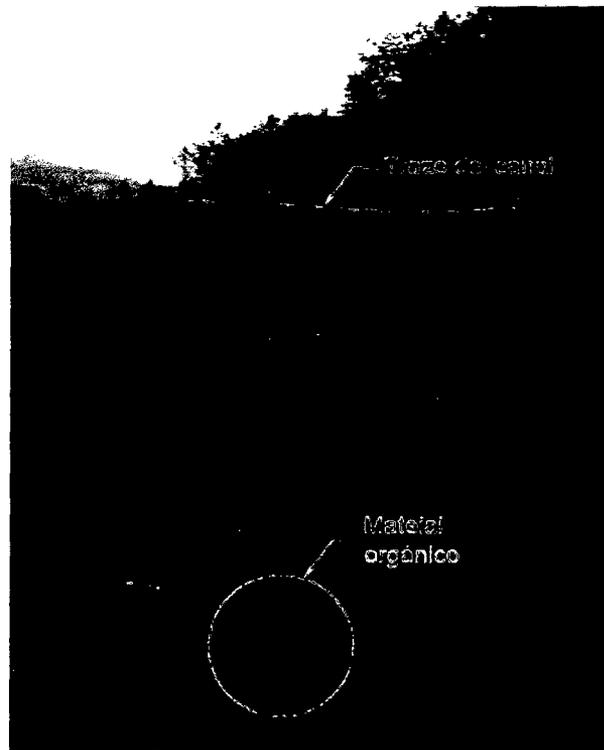
Observaciones: _____

ANEXO 4:

PANEL FOTOGRAFICO

Canal de conducción

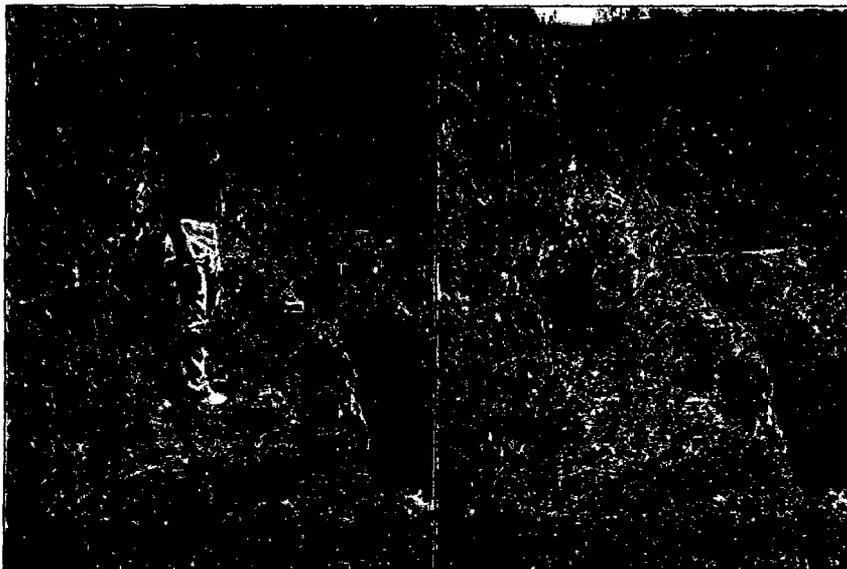
Fotografía 4. Material orgánico la longitud de este tramo es de 120 m.
Fuente: elaboración propia



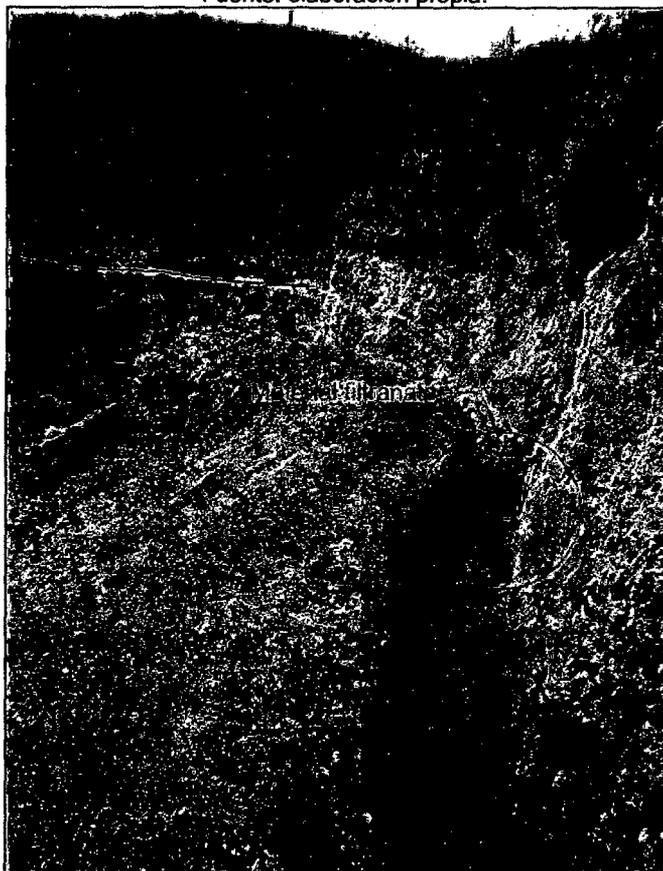
Fotografía 5 .material rocoso la longitud de este tramo es de 200 m
. Fuente: elaboración propia



Fotografía 6. Material rocoso la longitud de este tramo es de 200 m
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 7. material filtrante la longitud de este tramo es de 718 m
Fuente: elaboración propia.



Fotografía 8. Plataforma del canal
Fuente: elaboración propia

