

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PUCP

**DISEÑO PRELIMINAR DE UNA MINI CENTRAL HIDROELECTRICA UBICADA EN LA
INTERCUENCA ALTO APURÍMAC EN EL DISTRITO DE COTABAMBAS –
MCH PALCABAMBA**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES:

Frank Isaí Llave García

Chiyó Huang Hu

ASESOR:

Manuel Enrique García Naranjo Bustos

Lima, Junio de 2021

RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad realizar el diseño preliminar de una minicentral **ubicada** en la cuenca hidrográfica de Ucayali. Específicamente en la quebrada Palcabamba ubicada en la ciudad de Cotabambas en la inter cuenca Alta Apurímac. Se presentan todas las bases teóricas para el desarrollo de los estudios preliminares y posteriores diseños de las diferentes obras civiles que conforman la central hidroeléctrica

Se describe brevemente la situación actual de la zona en estudio. Así mismo, se realiza un estudio del mercado eléctrico en la cual se establece una tarifa proyectada para la subasta RER de 60 dólares americanos por MWh. En paralelo, se realiza un estudio ambiental inicial como referencia para una declaración de impacto ambiental.

Se realiza la estimación del caudal disponible de la quebrada Palcabamba a lo largo del año. Así mismo, se define un caudal disponible para la generación de energía que resulta en 0.16m³/s y una potencia nominal de 0.7 MW. Con los datos del estudio de potencial hidrológico y con un salto neto de 535 metros, se realiza el diseño hidráulico de las obras civiles de la MCH.

Finalmente, se establece un presupuesto tentativo de la central, la cual es de US\$ 1 200 000.00. Luego se define la factibilidad del proyecto MCH Palcabamba mediante un estudio de evaluación económica y financiera, en la cual se establece una rentabilidad de 30.02% y un valor actual neto de US\$ 1 092 146.14.

Dedicatoria Frank

Dedico este trabajo a mi madre por ser el soporte en toda mi carrera. Del mismo modo, a mi padre por ser el promotor de este tema de tesis y a nuestro asesor por guiarnos en este proceso.



Dedicatoria Chiytó

A mis padres por su amor y sacrificio y a todas las personas que hicieron posible la realización de esta tesis, especialmente a nuestro asesor por guiarnos en este proceso.



INDICE GENERAL

Capitulo 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES.....	4
1.5 METODOLOGÍA	6
Capitulo 2: MARCO REFERENCIAL.....	8
2.1 ELECTRICIDAD EN EL PERU – MERCADO ELECTRICO	8
2.2 HIDROENERGIA.....	9
2.2.1 Minicentrales	9
2.3 ESTUDIO DE HIDROLOGÍA	10
2.3.1 Cuenca hidrográfica.....	10
2.3.2 Precipitación media de la cuenca – Isoyetas	11
2.3.3 Método del vector regional.....	12
2.3.4 Escorrentía superficial – Transferencia Hidrológica	12
2.3.5 Caudal Ecológico.....	13
2.3.6 Crecidas – Máxima Avenidas.....	13
2.3.7 Curva de duración.....	14
2.4 POTENCIAL HIDROELÉCTRICO	15

2.4.1 Potencia o Capacidad Instalada	15
2.4.2 Criterios de selección de Caudal de Diseño	16
2.4.3 Caudal turbinable.....	17
2.4.4 Factor de planta	17
2.5 ANALISIS SOCIO-AMBIENTAL.....	18
2.5.1 Área de influencia.....	19
2.5.2 Descripción del Proyecto.....	20
2.5.3 Aspectos del medio físico, biótico, social, cultural y económico.....	20
2.5.4 Descripción de los posibles impactos ambientales.....	21
2.6 DISEÑO DE OBRAS CIVILES	21
2.6.1 Bocatoma.....	21
2.6.2 Canal de conducción o Aducción.....	25
2.6.3 Desarenador.....	27
2.6.4 Cámara de sedimentación.....	28
2.6.5 Vertedero	29
2.6.6 Compuerta de purga.....	30
2.6.7 Cámara de carga	30
2.6.8 Tubería forzada.....	32
2.6.9 Diámetro de la tubería	32
2.6.10 Espesor mínimo de pared de tubería.....	33
2.6.11 Teoría Elástica/Método de Allievi.....	34

2.6.12 Apoyos y anclajes	35
2.6.13 Procedimiento de diseño.....	38
2.6.14 Casa de máquinas (Turbinas)	39
2.7 ANÁLISIS ECONÓMICO.	41
2.7.1 Costos de inversión.....	41
2.7.2 Costos de operación y mantenimiento.....	41
2.7.3 Venta de energía	42
2.7.4 Valor residual	43
2.7.5 Valor actual neto (VAN)	43
2.7.6 Tasa interna de retorno (TIR)	44
Capítulo 3: ESTUDIOS PRELIMINARES	45
3.1 SITUACIÓN ACTUAL – UBICACIÓN	45
3.1.1 Ubicación Política.....	45
3.1.2 Accesos a la zona.....	46
3.1.3 Situación Actual	47
3.2 ESTUDIO DEL MERCADO ELÉCTRICO.....	48
3.2.1 Situación actual.....	48
3.2.2 Subastas RER	49
3.2.3 Proyección Quinta subasta RER.....	50
3.2.4 Proyección de Tarifa para la Quinta Subasta RER.....	51
3.2.5 Estimación de la energía requerida para la Quinta subasta RER	52
3.3 ESTUDIO DE OFERTA HIDROLÓGICA	53

3.3.1 Cuenca Hidrográfica.....	54
3.3.2 Estudio de precipitaciones	59
3.3.3 Estudio de escurrimientos superficiales	62
3.3.4 Curva de duración.....	65
3.3.5 Caudal Ecológico.....	66
3.3.6 Máximas Avenidas	66
3.4 ESTUDIO DEL POTENCIAL HIDROELECTRICO	68
3.4.1 Caudal de Diseño.....	68
3.4.2 Análisis de caudales.....	69
3.4.3 Caudal turbinable.....	70
3.4.4 Factor de planta	71
3.4.5 Balance Hídrico	72
Capitulo 4: ANALISIS SOCIO – AMBIENTAL.....	73
4.1 AREA DE INFLUENCIA.....	73
4.1.1 Área de influencia directa.....	73
4.1.2 Área de influencia indirecta.....	74
4.2 DESCRIPCION DEL PROYECTO.....	75
4.2.1 Descripción de Obras principales y secundarias	75
4.2.2 Procesos o Secuencia de trabajos	75
4.3 MEDIO FISICO, BIOTICO, SOCIAL, CULTURAL Y ECONOMICO	76
4.3.1 Social - Cultural.....	76
4.3.2 Salud	76

4.3.3 Educación	76
4.3.4 Económico	77
4.4 POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES	77
Capítulo 5: DISEÑO PRELIMINAR DE OBRAS CIVILES.....	79
5.1 UBICACION DE OBRAS CIVILES PRINCIPALES	79
5.2 BOCATOMA	80
5.2.1 Rejilla de captación	80
5.2.2 Galería	81
5.2.3 Muro de encauzamiento y barraje	82
5.3 DESARENADOR	82
5.3.1 Altura de Nave del desarenador.....	82
5.3.2 Velocidad de sedimentación y longitud del desarenador	83
5.3.3 Diseño de la carga sobre el vertedero y la compuerta de purga.	83
5.3.4 Diseño Transición Desarenador.....	84
5.4 CANAL DE CONDUCCIÓN	84
5.5 CAMARA DE CARGA	85
5.5.1 Altura de Inmersión	85
5.5.2 Tanque de almacenamiento	86
5.6 TUBERÍA FORZADA.....	86
5.6.1 Diámetros preliminares.....	86
5.6.2 Diámetro económicamente optima.....	87
5.6.3 Diámetro de diseño	87

5.6.4 Espesor variable.....	88
5.7 ANCLAJES Y APOYOS	88
5.7.1 Cálculo de Fuerzas Actuantes.....	89
5.7.2 Condiciones de diseño	89
5.7.3 Diseño final y Dimensiones.....	90
5.8 CASA DE MÁQUINAS	91
5.8.1 Selección de turbina.....	91
5.8.2 Área de cada de maquinas	91
Capitulo 6: EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA	92
6.1 COSTOS E INGRESOS DEL PROYECTO.....	92
6.1.1 Costo de inversión	92
6.1.2 Costo de operación y mantenimiento	93
6.1.3 Venta de energía	93
6.1.4 Valor residual	94
6.2 EVALUACIÓN ECONOMICA - FLUJO DE CAJA.....	94
6.3 EVALUACIÓN FINANCIERA – FLUJO DE CAJA	96
6.4 INDICADORES FINANCIEROS	98
Capitulo 7: CONCLUSIONES Y COMENTARIOS	99
7.1 Conclusiones	99
7.2 Recomendaciones y Comentarios	100

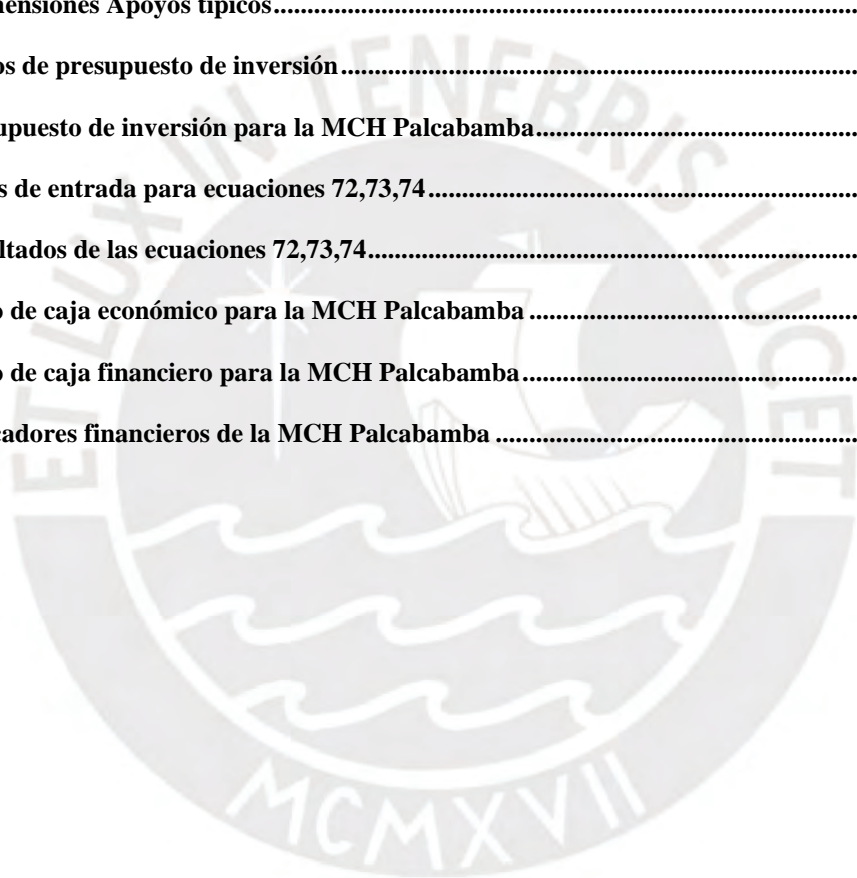
INDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

Ilustración 1-1 Estructura de descomposición del trabajo (WBS/EDT).....	6
Ilustración 2-1 Esquema de Central Hidroeléctrica típica (Paish, 2002).....	10
Ilustración 2-2 Delimitación de cuenca para el punto P (Chereque Morán, 1989).....	10
Ilustración 2-3 Isoyetas de precipitación para una cuenca genérica (Mongua, 2016).....	11
Ilustración 2-4 Ejemplo de una curva de duración (Coz, 1995).....	15
Ilustración 2-5 Toma de fondo tipo Mostkov (García Vélez, 2003).....	22
Ilustración 2-6 Esquema de barrage típico (elaboración propia).....	23
Ilustración 2-7 Esquema de muro de encauzamiento (elaboración propia).....	25
Ilustración 2-8 Desarenador Típico(Dávila, C.; Vilar, D.; Villanueva, G.; Quiroz, 2010a).....	27
Ilustración 2-9 Esquema de cámara de carga (Coz, 1995).....	30
Ilustración 2-10 Obtención del diámetro óptimo (ESHA, 2006).....	33
Ilustración 2-11 Anclajes y soportes típicos. (BPC Hydroconsult & Action, 2002).....	35
Ilustración 2-12 Selección de turbinas con Hneto en [m] y caudales en [m3/s].....	40
Ilustración 2-13 Área necesaria para la casa de máquinas (Nozaki, 1980).....	40
Ilustración 2-14 Relación gráfica entre la tasa interna de retorno y el valor actual neto para dos inversiones (Economipedia, 2017).....	44
Ilustración 3-1 Ubicación Política de la MCH (DBpedia, 2020).....	45
Ilustración 3-2 Acceso desde Lima.....	46
Ilustración 3-3 Accesos en Cotabambas.....	46
Ilustración 3-4 SEIN (COES, 2019).....	47
Ilustración 3-5 RER - Participación respecto a la producción total anual (Vega, 2018).....	50
Ilustración 3-6 Grafica de tasas en (USD/MWh) por subasta y por tecnología.....	51
Ilustración 3-7 Distribución normal de Tasas de adjudicación en USD/MWh.....	52
Ilustración 3-8 Evolución de la Participación RER en el consumo nacional (OSINERGMIM, 2014).....	52
Ilustración 3-9 Energía requerida en GWh - Tecnologías RER vs. MCH.....	53
Ilustración 3-10 Cuenca hidrográfica Ucayali (Autoridad Nacional del Agua, 2012).....	55
Ilustración 3-11 Cuenca Ucayali Detallada (Autoridad Nacional del Agua, 2012).....	55
Ilustración 3-12 Detalle de la subcuenca Alto Apurímac (Autoridad Nacional del Agua, 2012).....	55
Ilustración 3-13 Delimitación de la quebrada Palcabamba.....	56

Ilustración 3-14 Unidades Litoestratigraficas de la quebrada Palcabamba.....	59
Ilustración 3-15 Isoyetas Multianual para el mes de febrero.....	61
Ilustración 3-16 Distribución temporal de las precipitaciones	61
Ilustración 3-17 Curva de duración Multianual	65
Ilustración 3-18 Curva de duración Mensual.....	65
Ilustración 3-19 Ajuste de datos según distribución normal (elaboración propia).....	67
Ilustración 4-1 Área de influencia directa	73
Ilustración 4-2 Área de influencia Indirecta, centros poblados (Instituto Nacional de Estadística e	
 Informática, 2020).....	74
Ilustración 5-1 Ubicación de las principales obras civiles	79
Ilustración 5-2 Diámetro Económicamente optimo	87
Ilustración 5-3 Anclaje típico.....	91
Ilustración 5-4 Apoyo Típico	91
Ilustración 6-1 Costos de operación y mantenimiento.....	93
Ilustración 6-2 Tasa interna de retorno para 2 tipos de inversión	98
Tabla 2-1 Categorías de proyectos según la SEIA (SEIA, 2002)	18
Tabla 2-2 Requerimientos Mínimos DIA.....	19
Tabla 2-3 Diámetro de partículas en función a la altura de caída (Autoridad Nacional del Agua, 2010b) 28	
Tabla 2-4 Diámetro de partículas en función al tipo de turbinas (Autoridad Nacional del Agua, 2010b) .28	
Tabla 2-5 Valores para la constante a.....	28
Tabla 2-6 Tabla de Arkhangelski.....	29
Tabla 2-7 Desagregado de costos más incidentes en la inversión para una mini central hidroeléctrica	
 (IDAE, 2006).....	41
Tabla 3-1 Estaciones Pluviométricas.....	60
Tabla 3-2 Precipitación Media Multianual mensual	61
Tabla 3-3 Parámetros de superficie para cuencas Huayllumayo y Palcabamba	62
Tabla 3-4 Precipitación Media multianual mensual de la cuenca Huayllumayo	63
Tabla 3-5 Caudal medio de la cuenca Huayllumayo	63
Tabla 3-6 Área de las cuencas Palcabamba y Huayllumayo.....	63

Tabla 3-7 Oferta Hidrológica de la quebrada Palcabamba	63
Tabla 3-8 Caudal Ecológico en m ³ /s	66
Tabla 3-9 Caudales Máximos en m ³ /s.....	67
Tabla 3-10 Caudal máximo, delta teórico y tabular para varias distribuciones	67
Tabla 3-11 Datos de entrada.....	68
Tabla 3-12 H _q max sobre cresta.....	68
Tabla 3-13 Caudales con persistencia al 60%	68
Tabla 3-14 Datos para el cálculo del Salto Neto.....	69
Tabla 3-15 Potencia y Em de los caudales P60.....	69
Tabla 3-16 Rentabilidad del Proyecto.....	70
Tabla 3-17 Caudal Turbinable en m ³ /s	70
Tabla 3-18 Balance Hídrico de caudales.....	72
Tabla 4-1 Centros Poblados AID.....	73
Tabla 4-2 Lista de Centros Poblados en AII	74
Tabla 4-3 Secuencia de trabajo en diferentes etapas del proyecto	75
Tabla 4-4 Impactos en etapa de construcción	77
Tabla 5-1 Coordenadas de obras civiles	79
Tabla 5-2 Datos de entrada.....	80
Tabla 5-3 Constantes K y C.....	80
Tabla 5-4 resultados de rejilla de captación.....	81
Tabla 5-5 Datos de entrada.....	81
Tabla 5-6 Resultados con el método de Zamarin.....	81
Tabla 5-7 Dimensión de galería	82
Tabla 5-8 Alturas totales del Barraje.....	82
Tabla 5-9 Datos de entrada para diseño de desarenador	83
Tabla 5-10 Altura y Ancho de la base del desarenador.....	83
Tabla 5-11 Carga sobre el vertedero.....	83
Tabla 5-12 Compuerta de purga	83
Tabla 5-13 Longitud de transición	84
Tabla 5-14 Datos de entrada Canal de Conducción.....	84

Tabla 5-15 Resultados Canal de conducción	84
Tabla 5-16 Datos de entrada	85
Tabla 5-17 Resultados Cámara de carga	85
Tabla 5-18 Resultados Cámara de carga	86
Tabla 5-19 Diámetro tubería forzada	86
Tabla 5-20 Datos de entrada Allievi.....	88
Tabla 5-21 Diámetro de la tubería forzada	88
Tabla 5-22 Dimensiones Anclajes típicos.....	90
Tabla 5-23 Dimensiones Apoyos típicos.....	90
Tabla 6-1 Ratios de presupuesto de inversión	92
Tabla 6-2 Presupuesto de inversión para la MCH Palcabamba.....	92
Tabla 6-3 Datos de entrada para ecuaciones 72,73,74.....	93
Tabla 6-4 Resultados de las ecuaciones 72,73,74.....	93
Tabla 6-5 Flujo de caja económico para la MCH Palcabamba	95
Tabla 6-6 Flujo de caja financiero para la MCH Palcabamba.....	97
Tabla 6-7 Indicadores financieros de la MCH Palcabamba	98



INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	: $P_m = i = 1n - 1P_i + P_i + 12A_i, i + 1i = 1n - 1A_i, i + 1$	11
Ecuación 2	: $QCACPC = QSASPS$	13
Ecuación 3	: $Q = 23 * 2 * g * 0.75 * L * H^{3/2}$	14
Ecuación 4	: $P = e * \rho * g * Q * H$	16
Ecuación 5	: $e = nT * ng * nt$	16
Ecuación 6	: $P = 8.2 * Q * H$	16
Ecuación 7	: $CC = 0.018 * P^2 + 1.693 * P$	16
Ecuación 8	: $Q_{min} < Q_{rio} - Q_{eco} < Q_d \rightarrow Q_t = Q_{rio} - Q_{eco}$	17
Ecuación 9	: $Q_{rio} - Q_{ec} \geq Q_d \rightarrow Q_t = Q_d$	17
Ecuación 10	: FP = Potencia usada x tiempo / Potencia instalada x tiempo	17
Ecuación 11	: FP = Energia usada / Energia disponible	17
Ecuación 12	: $A = b * L * K * \cos(\beta_{med})$	22
Ecuación 13	: $K = 1 - f * (ss + t)$	22
Ecuación 14	: $Q = C * K * \cos\beta * b * L * 2 * g * H_o$	22
Ecuación 15	: $C = C_o - 0.325 * i$	22
Ecuación 16	: $Q = C * K * b * L * 2 * g * h_m$	23
Ecuación 17	: $h_1 = 23 * H_o$	23
Ecuación 18	: $Q = 2.55 * C * K * b * L * H_o$	23
Ecuación 19	: $Q = 3.20 * C * K^{3/2} * b * L^{3/2}$	23
Ecuación 20	: $b = 0.313 * QC * K^{3/2} * L^{3/2}$	23
Ecuación 21	: $H_b = H_1 + H_o (m)$	24
Ecuación 22	: $X = bn$	24
Ecuación 23	: $Q_x = Q_{db} * X$	24
Ecuación 24	: $Q = Cd * A_o * 2 * g * H$	24
Ecuación 25	: $V > 3 * g * s$	24
Ecuación 26	: $dx = AxL = QxVx * L$	24
Ecuación 27	: $Vx = Vf - V_o b + V_o$	24
Ecuación 28	: $S = V^2 * n^2 R^{4/3}$	25

Ecuación 29	: $Vx22 * g + dx + \sum hfx$	25
Ecuación 30	: $Hm = 1.25(Hb + Hqmax)$	25
Ecuación 31	: $V = 1nR2/3 * S1/2$	26
Ecuación 32	: $Fr = ug * Dh$	26
Ecuación 33	: $Lt = bnave - bcanal2 * Tan(12.5^\circ)$	27
Ecuación 34	: $v = a * d \text{ en cms}$	28
Ecuación 35	: $L = V * Hw$	28
Ecuación 36	: $w = wo - 0.152 * wo$	29
Ecuación 37	: $Q = C * L * H3/2$	29
Ecuación 38	: $Q = Cd * Ao * 2 * g * H$	30
Ecuación 39	: $Hs \geq 1.5 * V22 * g$	31
Ecuación 40	: $Hmin = C * V * D$	31
Ecuación 41	: $ht = Kt * (tb)4/3 * V22 * g * sen(\alpha)$	31
Ecuación 42	$C = (120 - 180) * Qd$	32
Ecuación 43	: $hf = L * v22 * g * D$	32
Ecuación 44	: $D = 5.2 * Q3H1/7$	32
Ecuación 45	: $e = P * D2 * \sigma t + eo$	33
Ecuación 46	: $a = 1\rho * (1K + c * De * E$	34
Ecuación 47	: $\rho' = a * Vo2 * g * H0$	35
Ecuación 48	: $\xi1 = -\rho'n1 + (\rho'n1)2 + 1 + 2\rho'$	35
Ecuación 49	: $\xi T = \rho' * t2T + ((\rho't2T)2 + 1$	35
Ecuación 50	: $t = 2 * La$	35
Ecuación 51	: $\xi1 = HiHo$	35
Ecuación 52	: $n1 = 1 - tT$	35
Ecuación 53	: $F1u = (Wp + Ww)(Llu)cos(\infty)$	36
Ecuación 54	: $F1d = (Wp + Ww)(Lld)cos(\infty)$	36
Ecuación 55	: $F2u = f(Wp + Ww)L2uCos(\infty)$	36
Ecuación 56	: $F2d = f(Wp + Ww)L2dCos(\infty)$	36
Ecuación 57	: $F3 = 2 * y * hd24 * sin(\beta - \alpha)2$	36
Ecuación 58	: $F4d = Wp L4d sin\beta$	37

Ecuación 59	: $F4 u = Wp L4u \sin \alpha$	37
Ecuación 60	: $F5 = 1000Ea T (d + t)t$	37
Ecuación 61	: $F6 = 100d$	37
Ecuación 62	: $F7 = \gamma w * h * \Pi(d + t) t$	37
Ecuación 63	: $F8 = 2.5 * (Q2d2) \sin (\beta - \alpha)/2$	37
Ecuación 64	: $F9 = \gamma h * \Pi4 * (2dbig2 - dsmall2)$	37
Ecuación 65	: $F10 = \gamma h^2 \cos i * Ka * w$	37
Ecuación 66	: $Ka = \cos i - \cos i^2 - \cos \varphi^2 \cos i + \cos i^2 - \cos \varphi^2$	37
Ecuación 67	: $e < e_{permisible}$	38
Ecuación 68	: $ L_{base2} - d < L_{base}/6$	38
Ecuación 69	: $P_{base} = vA_{base}(1 + 6eL_{base})$	39
Ecuación 70	: $uV/H > 1.5$	39
Ecuación 71	: $E = 1000 * 24 * 36512 * (P_e * F_{Pe} * n_e + P_a * F_{Pa} * n_a)$	42
Ecuación 72	: $V_a = E * c$	42
Ecuación 73	: $C. U. E = VP_{costos} VP_{energía}$	42
Ecuación 74	: $VR_n = V_i - V_i * nN$	43
Ecuación 75	: $VAN = -I_o + \sum F_i(1 + r)^t$	44
Ecuación 76	: $VAN = -I_o + \sum F_i(1 + r)^t + TIRt = 0$	44
Ecuación 77	$C = 120 * Qd$	86
Ecuación 78	$L = V * Qd$	86

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En el Perú, los proyectos de generación hidroeléctrica de baja escala forman parte de la categoría de recursos energéticos renovables, conocidos como RER. La última subasta RER se dio en el año 2016 adjudicando 6 proyectos de generación hidroeléctrica. Entre estos proyectos se tiene en cuenta la central hidroeléctrica de Ayanunga en la región Huánuco con una potencia instalada de 20MW, siendo esta una central de pasada.

Debido a su ubicación, la central Ayanunga utiliza recursos que forman parte de la vertiente del Atlántico la cual cuenta con alto potencial hidro energético. La referida se encuentra al 14% de ejecución según la última supervisión en julio del año pasado y representa una de las últimas centrales puestas en marcha en esta vertiente que es menos aprovechada que la vertiente del Pacífico (OSINERGMIN, 2019).

Por otro lado, los ingenieros Héctor Astocaza y Deyvis Albújar realizaron, a través de su tesis “Estudio de desarrollo de un proyecto de generación hidroeléctrica”, un proyecto de generación de escala menor con una potencia de 10.7 MW. El estudio de febrero del año 2019 tiene como objetivo realizar los entregables descritos en la ley de concesiones eléctricas y poder contar con un estudio a nivel de prefactibilidad.

De la misma manera, los ingenieros Lourdes Pando y Omar Zárate realizaron, a través de su tesis “Estudio y diseño preliminar para la minicentral hidroeléctrica de Carampoma” elaborado en el 2016, la cual tiene como objetivo realizar el pre dimensionamiento de una pequeña central utilizando la metodología de transmisión hidrológica de manera eficiente.

Asimismo, un estudio realizado el año 2011 por parte del Consorcio Halcrow Group y el Ministerio de Energía y Minas informa sobre proyectos aprovechables a nivel nacional,

muestra sus parámetros hidrológicos y de esta manera permite analizar la posibilidad de aprovechamiento por proyecto. Además, dio como resultado un atlas de 100 proyectos hidroeléctricos de potencias de entre 1 a 100 MW en todo el Perú y mencionados por región. Se tiene en cuenta este atlas del potencial hidroeléctrico del Perú para el desarrollo de la investigación.

Finalmente, se tiene conocimiento de países que están empleando los sistemas RER, ya que los sistemas clásicos ya han sido explotados o no son medioambientalmente aceptables. Este es el caso de la electrificación en Brasil con la Amazonía o como parte de la electrificación rural en el Reino Unido. En el caso de la Unión Europea, más de 67 millones de toneladas de CO₂ fueron reducidas por el uso de sistemas renovables (ESHA, 2006)

1.2 JUSTIFICACIÓN

El Perú ha sido históricamente un país cuya electricidad ha sido generada con centrales hidroeléctricas. Hasta el 2002 la hidroenergía representaba el 85% del total de energía generada en el país. Con la llegada del Gas de Camisea en 2008, la participación de las hidroeléctricas disminuyó hasta llegar al 61% (OSINERGMIN, 2019). Por ende, se desea generar una independencia energética aprovechando los distintos recursos renovables con los que el Perú cuenta, tales como el recurso eólico, solar o hídrico.

Por otro lado, el desarrollo de mini centrales hidroeléctricas perduran en el tiempo y requieren poco mantenimiento con respecto a centrales hidroeléctricas o centrales de hidrocarburo. Es por ello que se le conoce como una de las tecnologías energéticas más benignas medioambientalmente disponibles (Paish, 2002).

Dentro de este contexto surge en el 2008 las subastas RER a partir de la Ley de Promoción de la Inversión en Generación de Electricidad con el uso de Energías Renovables (Decreto Legislativo N° 1002). Estas subastas tienen como objetivo aprovechar los recursos energéticos

renovables y mejorar la calidad de vida de la población y proteger el medio ambiente mediante la promoción de la inversión en la producción de electricidad renovable y sostenible. Una de estas fuentes de energía renovable son las minicentrales hidroeléctricas.

El Perú cuenta con un alto potencial hidroeléctrico debido a los diversos ríos que conforman las tres regiones hidrográficas peruanas: la vertiente del Pacífico, la del Amazonas o del Atlántico y la del Titicaca. Las cuencas orientales y occidentales que se ubican en los Andes son las de mayor interés, pues cuentan con características hidrológicas y topográficas aprovechables para la generación de energía eléctrica.

Una de estas cuencas de la vertiente del Atlántico, es la Intercuenca Alto Apurímac ubicada en el distrito de Cotabambas-Apurímac. Esta cuenca permite el desarrollo de un proyecto hidroenergético debido a sus caudales y caídas útiles. Es decir, cuenta con ríos que forman un caudal conveniente que en conjunto con el desnivel de la zona pueden ser útiles para el aprovechamiento hidroenergético. Asimismo, se escoge esta intercuenca para poder extender la red del SEIN pues, actualmente, no se cuenta con proyectos que amplíen la red de operación hacia la zona.

Finalmente, los beneficios no se centran solo extender la red del SEIN y contar con mayor energía renovable dentro de la matriz hidroenergetica sino también en poder descentralizar la producción y demanda de energía en el país. Esto conlleva a un beneficio directo de la población dentro del área de influencia ya sea por la etapa de distribución de energía o por proyectos de responsabilidad social que se realicen a futuro. Indudablemente, el país entero se beneficia al renovar la matriz hidroenergetica y al formar más centros de generación de energía.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Realizar el diseño preliminar de una minicentral hidroeléctrica de manera que se pueda contribuir con el uso de recursos energéticos renovables.

1.3.2 Objetivos específicos

- Desarrollar un estudio de mercado eléctrico a fin de determinar una tarifa para la subasta RER.
- Realizar el estudio de hidrología correspondiente a la sub cuenca de la minicentral.
- Definir las características del lugar de emplazamiento.
- Diseñar las obras civiles relacionadas con la mini central.
- Estimar, en función a ratios, los costos de obras civiles a fin de determinar un presupuesto base.
- Analizar la factibilidad económica mediante ciertos indicadores como VAN y TIR.
- Realizar una evaluación socioambiental de la minicentral hidroeléctrica

1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES

Los alcances y limitaciones están definidos por el tipo de central hidroeléctrica que se va a realizar. El alcance de este proyecto abarca el diseño de una mini central hidroeléctrica desde la captación del caudal del río, hasta la casa de máquinas. Además, esta es una minicentral que estará conectada al SEIN.

El principal alcance de una minicentral hidroeléctrica es que la potencia instalada no exceda los 20 MW y que no cuente con represamiento de agua.

Otras limitaciones del diseño de la minicentral será el lugar de emplazamiento y la ubicación de la casa de máquina de la central, ya que la potencia de la central depende de la ubicación de las obras civiles. Se buscará diseñar la minicentral comparando las ubicaciones óptimas de la zona para tener una altura y caudal de diseño óptimo.

Dentro de los alcances del proyecto, se plantea realizar una evaluación socio ambiental preliminar que servirá como bases para un eventual estudio de impacto ambiental. Dentro de la evaluación socio ambiental se realizará la determinación de las áreas de influencia y un análisis de la situación socioambiental actual. No está dentro de los alcances de este proyecto desarrollar un DIA completo.

Con respecto a los costos y el presupuesto de las obras civiles y del equipamiento, estas serán estimados en función a ratios de proyectos similares, mas no se hará un cálculo detallado al ser un estudio de prefactibilidad.

Se muestra en la Ilustración 1-1 el EDT del presente trabajo. En el EDT se detalla los procesos que se realiza. Además, se detalla cuáles son las obras civiles que se diseñan. Así mismo, se realiza una evaluación socio ambiental y se determinan las áreas de influencia directa e indirecta. Finalmente, se realiza la evaluación económica financiera analizando el VAN y TIR.

No está dentro de los alcances del presente proyecto realizar el diseño de los sistemas de transmisión de potencia mecánica y tampoco el diseño de las líneas de transmisión y redes de distribución. Tampoco se considera el diseño de las juntas de dilatación para la tubería forzada.

Por otro lado, si bien el presente trabajo de investigación consiste en el diseño de una central bajo los parámetros de una subasta RER, esta no se va a centrar en el proceso mismo de la subasta. Es decir, no se van a detallar los procesos como la comparecencia al proyecto, calificación de los participantes, evaluación de ofertas, impugnaciones, condiciones de ofertas, etc. Finalmente, a medida de limitación de este proyecto, se desarrollará el diseño hidráulico de la central hidroeléctrica, mas no un estudio geotécnico o un estudio topográfico.



Ilustración 1-1 Estructura de descomposición del trabajo (WBS/EDT)

1.5 METODOLOGÍA

Primero se realiza un estudio de hidrología y se utiliza la metodología de transferencia hidrológica pues no se cuenta con estaciones en el lugar de emplazamiento de la central. Por ende, se procede a recolectar data meteorológica e hídrica de una cuenca con condiciones climatológicas similares para poder aplicar la metodología. Estos datos son extraídos de estudios previos y de información de sistema de SENAMHI y del ANA.

Por otro lado, se procede a realizar un estudio de mercado que muestre el consumo futuro y las tarifas adjudicadas en la siguiente subasta para el tipo de proyectos RER. Además, se utiliza cartas nacionales para los estudios de topografía y emplazamiento de la central.

En paralelo, se realiza la recopilación del marco teórico, la cual corresponde al diseño de las obras civiles involucradas en el proyecto. Se procede a pre dimensionar las estructuras más importantes de la mini central hidroeléctrica con los datos obtenidos en los estudios previos, es decir, la bocatoma, el desarenador, la tubería forzada y la turbina en la casa de máquinas.

Por otro lado, se realiza un estudio básico de impacto ambiental según lo establecido por el Ministerio del Ambiente, así como por la SEIA, con el fin de obtener las bases de una declaración de impacto ambiental.

Luego se desarrolla una evaluación económica para poder obtener dos indicadores que nos muestran la factibilidad del proyecto y las posibles configuraciones más rentables para de ella. Finalmente, se realiza una estimación de los costos de las obras civiles y la viabilidad del proyecto mediante indicadores económicos.



Capítulo 2: MARCO REFERENCIAL

De acuerdo a los objetivos específicos planteados es necesario repasar los conceptos generales más importantes acorde a cada objetivo. De esta manera, se definirán las herramientas teóricas para poder diseñar eventualmente las obras civiles de una mini central hidroeléctrica.

2.1 ELECTRICIDAD EN EL PERU – MERCADO ELECTRICO

En el Perú la electricidad se ha desarrollado mediante concesiones eléctricas. Cuando se instauró la ley de industria eléctrica se establecía un sistema de concesiones para el suministro eléctrico, el cual estaba establecido como utilidad pública. No fue sino hasta 1972 que el Estado, mediante la creación de Electroperú y por compra de acciones, se convirtió en accionista mayoritario con 98% del capital social global (OSINERGMIN, 2016a).

A raíz de la publicación de la ley de concesiones eléctricas en el gobierno Alberto Fujimori entra en funcionamiento el nuevo sistema de electricidad en el que las actividades se dividen en generación, transmisión, distribución y comercialización. División que se mantiene vigente.

Por otro lado, cada actividad sería administrada privadamente; es decir, se procedió a la privatización de estas actividades hasta en 55% la generación, 60% en distribución y la mayor parte del sistema de transmisión. (OSINERGMIN, 2016b)

Los principales organismos reguladores, planificadores e implementadores son el Ministerio de Energía y Minas y el Organismo Supervisor de la Inversión en Minería y Energía (OSINERGMIN). Por otro lado, se cuenta con el COES que administra todo el sistema integrado y finalmente INDECOPI para garantizar la libre competencia en el mercado eléctrico.

Las subastas RER nacen con el concepto de llegar a electrificar a la población más alejada. El acceso a la electrificación es complicado debido a que la población vive en áreas rurales. Por

ende las subastas RER son una opción viable, sostenible, autónomas y promueven el desarrollo local (OSINERGMIN, 2016b).

Finalmente, el método de licitación es la subasta, con la cual no solo se espera alcanzar el precio más cercano al real sino también contar con procesos simples y transparentes de tal forma que se reduzcan requisitos de entrada como en otras licitaciones.

2.2 HIDROENERGIA

La energía hidráulica es aquella energía que se obtiene mediante el aprovechamiento de la energía cinética y potenciales. La energía es producida por la corriente del agua, saltos de agua o marea. Una central hidroeléctrica funciona principalmente aprovechando la energía potencial gravitatorio generado por un desnivel.

Existen varios tipos de centrales hidroeléctricas. Se tiene centrales de agua fluyente, centrales de embalse, centrales de regulación, centrales mareomotrices, etc. Este proyecto se centra únicamente en las centrales de agua fluyente o también conocidos como Run Of River (ROR).

2.2.1 Minicentrales

Las minicentrales hidroeléctricas son obras hidráulicas de pequeña escala. Estas obras siguen el mismo concepto de las grandes centrales; sin embargo, su efecto no es tan adverso al medio ambiente debido a múltiples factores. La principal característica de una minicentral es que no superan los 20 MW. Consecuentemente, en la mayoría de estas obras no hay almacenamiento de agua sino solo un aprovechamiento del nivel y del caudal del mismo (Paish, 2002).

2.2.1.1 Representación de una mini central hidroeléctrica

El recurso hídrico es transportado mediante los diversos elementos que conforman la mini central hidroeléctrica y las cuales se pueden apreciar en Ilustración 2-1. Se tiene, por ejemplo, la bocatoma, la cámara de carga, la tubería forzada y la casa de máquinas. En esta última, la

energía hidráulica será transformada en energía mecánica y luego en energía eléctrica por un sistema que generalmente cuenta con una turbina (Sierra Vargas et al., 2011).

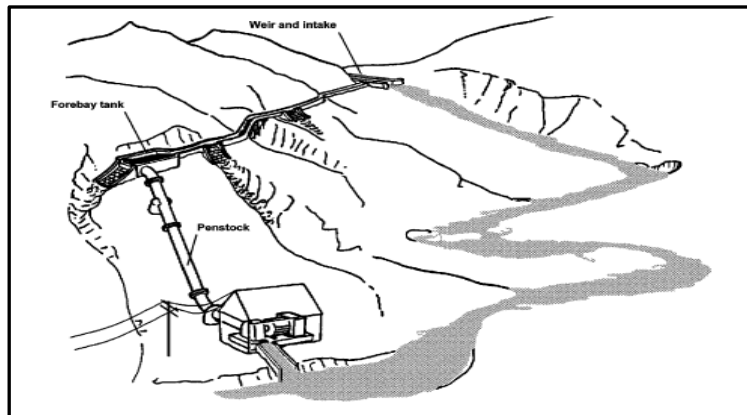


Ilustración 2-1 Esquema de Central Hidroeléctrica típica (Paish, 2002)

2.3 ESTUDIO DE HIDROLOGÍA

Es importante reconocer el punto de emplazamiento del proyecto. Es este el punto de mayor interés y desde el cual se iniciará la investigación para poder determinar los caudales que por ahí escurran. Por lo tanto, será necesario definir una cuenca hidrográfica, pues el agua que discurre por toda esta región será el caudal aprovechable.

2.3.1 Cuenca hidrográfica

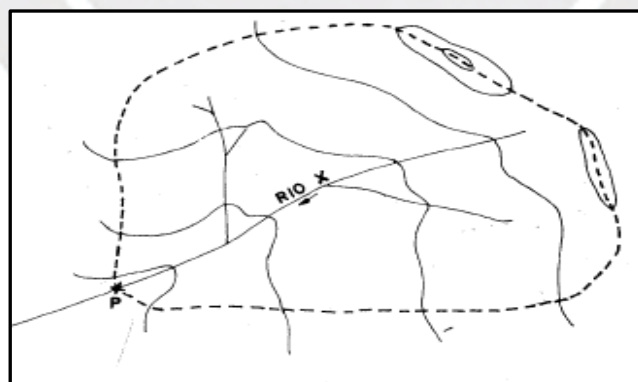


Ilustración 2-2 Delimitación de cuenca para el punto P (Chereque Morán, 1989)

Una cuenca hidrográfica es una región en la que las aguas de precipitaciones discurren formando un río o un curso de agua. Esta región está delimitada por las líneas de altas cumbres o divortium acuarum tal como se aprecia en la Ilustración 2-2 (Chereque Morán, 1989).

2.3.2 Precipitación media de la cuenca – Isoyetas

Las isoyetas son puntos que se unen en un plano cartográfico, generando líneas que representan la misma precipitación en una unidad de tiempo determinado (Fonseca, 2018). Es decir, las isoyetas representan una distribución de precipitación en un área determinada y una distribución espacial en un intervalo de tiempo dado. Existen varios métodos para calcular las precipitaciones medias de una cuenca, entre ellas el promedio aritmético de los valores medios de precipitación en un mapa de isoyetas.

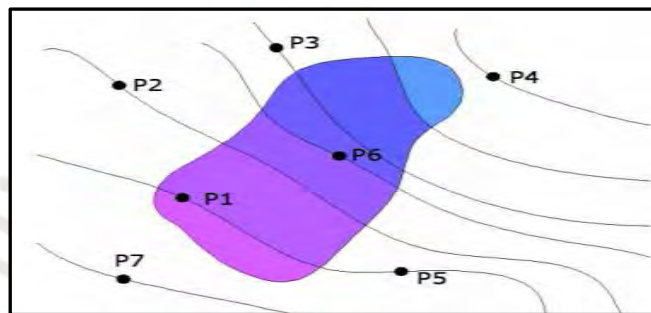


Ilustración 2-3 Isoyetas de precipitación para una cuenca genérica (Mongua, 2016)

En la Ilustración 2-3 se muestra un cuenca e isoyetas generados por los puntos pluviométricos P1 al P7. Cada línea de las isoyetas representa un valor de precipitación en la cuenca. A su vez, la cuenca es dividida en diferentes áreas.

Para el cálculo de la precipitación media a partir de un mapa de isoyeta se puede aplicar la fórmula Ecuación 1.

$$Pm = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{P_i + P_{i+1}}{2} \right) A_{i,i+1}}{\sum_{i=1}^{n-1} A_{i,i+1}} \quad (1)$$

Donde:

P : Precipitación de las isoyetas (mm)

A : Área parcial delimitados por la cuenca y las isoyetas (m²)

Pm : Precipitación Media de la cuenca (mm)

Para este trabajo de investigación se realiza el mapa de isoyetas mediante el programa ArcGIS, versión 10.5 con las herramientas de Spatial Analysis mediante la interpolación Kriging. A partir de las isoyetas se calcula la precipitación media con la formula presentada anteriormente.

2.3.3 Método del vector regional

El método del vector regional o también conocido como MVR es un método de tratamiento de datos hidrológicos. El método “consiste en asumir que, para una misma zona climática sometida a un mismo régimen de precipitaciones, los totales pluviométricos anuales son pseudo-proporcionales, con una pequeña variación aleatoria cada año debida a la repartición de las lluvias dentro de la zona.” (Espinoza & Climatology, 2005).

El MVR es un método analítico que emplea el método de sumatoria de mínimos cuadrados para encontrar índices pluviométricos regionales anuales y la precipitación media extendida. Para el cálculo del vector regional se utiliza el programa HydraAcces.

El MVR tiene 3 principales funciones: La crítica de datos, la homogenización y la extensión-complementación de datos de precipitación. Para el presente proyecto se utiliza esta última función, así como la manipulación masiva de datos pluviométricos.

2.3.4 Escorrentía superficial – Transferencia Hidrológica

El caudal medio anual o escorrentía anual es la cantidad de agua que discurre por el punto de interés P de la cuenca. El cálculo de este parámetro implica balances hídricos y mucha incertidumbre por parte del cálculo de la evapotranspiración. Existen varios métodos para determinar el caudal medio anual. Para efectos de esta investigación, se utiliza el método de la transferencia hidrológica.

La transferencia hidrológica es una metodología utilizada comúnmente en el Perú en estudios en donde hay falta de datos a partir de estaciones hidrológicas conocidas. Este es un método simple que se utiliza en estudios preliminares, mas no se recomienda para un estudio definitivo. Un ejemplo del uso de esta metodología fue utilizada en la evaluación de los recursos hídricos en la cuenca del río Rímac por parte de la Autoridad Nacional del Agua (Autoridad Nacional del Agua, 2010a).

Los parámetros de la transferencia hidrológica son la precipitación media de la cuenca, el caudal medio anual y el área de la cuenca. El método relaciona la información de los parámetros conocidos de una cuenca con los parámetros por conocer de la cuenca de interés (Autoridad Nacional del Agua, 2010a). Se debe tener en cuenta principalmente las características topográficas y meteorológicas de las cuencas a comparar. En la Ecuación 2 se muestran la relación de los parámetros mencionados.

$$\frac{Q_c}{A_c P_c} = \frac{Q_s}{A_s P_s} \quad (2)$$

Donde:

- Q_s : Caudal de la cuenca sin información (m^3/s)
- Q_c : Caudal de la cuenca con información (m^3/s)
- A_s : Área de la cuenca sin información (m^2)
- A_c : Área de la cuenca con información (m^2)

2.3.5 Caudal Ecológico

El caudal ecológico es la cantidad de agua mínima que debe permanecer en el río para proteger y preservar el ecosistema existente, la estética del paisaje u otros aspectos de interés científico o cultural para preservar la calidad ecológica (Ministerio de Agricultura, 2010). Esta está regulada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

En el año 2016 se emitió la Resolución Jefatural 154 en la cual se establecen la metodología para realizar el cálculo del caudal ecológico. En el artículo 6 de esta resolución se menciona que “El caudal ecológico referencial será el equivalente al caudal determinado al 95% de persistencia en el tramo de interés de la fuente natural de agua” (Autoridad Nacional del Agua, pag. 3, 2016).

2.3.6 Crecidas – Máxima Avenidas

Es necesario evaluar las máximas avenidas en un periodo de retorno acorde a la infraestructura a diseñar. Se debe precisar los tirantes máximos en las obras de captación para que de esta

manera se pueda diseñar los muros y defensas necesarias. La altura por encima de la cresta de barraje en la bocatoma se calcula con la Ecuación 3

$$Q = \frac{2}{3} * \sqrt{2 * g} * 0.75 * L * H^{3/2} \quad (3)$$

Donde:

Q : Caudal en $(\frac{m^3}{s})$

g : Gravedad $(\frac{m}{s^2})$

L : Longitud de barraje [m]

Hc : Altura por encima de la cresta de barraje [m]

Para determinar los caudales máximos se utiliza la herramienta de distribuciones en el software HIDROESTA. Se utiliza un periodo de retorno de 100 años y se verifica el ajuste de las distribuciones con parámetros ordinarios y un nivel de significación del 10%. Se utiliza las distribuciones Normal, LogNormal con 2 parámetros, LogNormal con 3 parámetros, Gamma con 2 parámetros, Gamma con 3 parámetros, LogPearson, Gumbel y LogGumbel. Luego, se procede a escoger la distribución que mejor se ajuste y se halla el caudal para el mencionado periodo de retorno. Finalmente, se halla la altura de agua por encima de la cresta del barraje.

2.3.7 Curva de duración

La curva de duración o también conocida como curva de excedencia es la representación gráfica de un histograma acumulado. Es decir, la curva de duración indica la probabilidad de ocurrencia de un caudal determinado en un intervalo de tiempo definido.

En la Ilustración 2-4 se muestra un ejemplo de una curva de duración. Se tiene en el eje X el porcentaje de caudal anual excedido, en eje Y se tienen los caudales para cada porcentaje, así como su equivalente en potencia en kW. La curva de duración siempre tiende a decrecer ya que la probabilidad de ocurrencia de un caudal máximo es inferior.

La curva de duración tiene diversas utilidades. Entre ellas, se puede obtener una cantidad de energía requerida en un rango de tiempo determinado. Así mismo, mediante la curva de

duración se puede “seleccionar adecuadamente el tamaño de la turbina, el comportamiento de estas con caudales variables...” (Coz, 1995)

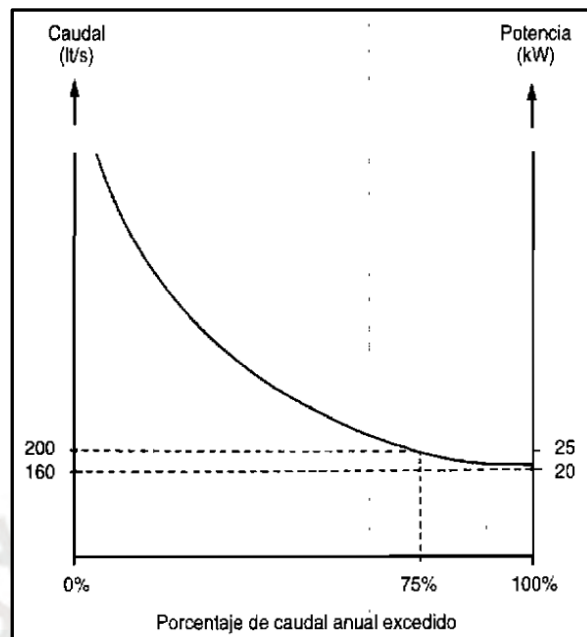


Ilustración 2-4 Ejemplo de una curva de duración (Coz, 1995)

2.4 POTENCIAL HIDROELÉCTRICO

En este capítulo se pretende calcular el caudal de diseño de la MCH. Para ello, se utilizan los caudales obtenidos por la oferta hidrológica. Mediante diferentes indicadores, como la del factor de planta y la rentabilidad, se puede determinar el caudal óptimo de la MCH.

2.4.1 Potencia o Capacidad Instalada

La potencia de una central está definida por los requisitos de diseño con los que se cuentan. Por ejemplo, es necesario evaluar la oferta hidrológica y las condiciones topográficas. En la Ecuación 4 se puede apreciar la dependencia de dichos requisitos o factores de diseño y en la Ecuación 5 se observa el cálculo de la eficiencia.

Para el presente caso se utiliza una eficiencia total de 0.84, teniendo en cuenta que valores de eficiencia más elevados corresponden a centrales mucho más modernas. Con lo cual se utiliza la Ecuación 6 para realizar los cálculos.

$$P = e * \rho * g * Q * H \quad (4)$$

$$e = nT * ng * nt \quad (5)$$

$$P = 8.2 * Q * H \quad (6)$$

Donde:

- P : Potencia instalada en kW
- e : Eficiencia
- ρ : Densidad del líquido [Kg/m³]
- g : Gravedad ($\frac{m}{s^2}$)
- Q : Caudal en ($\frac{m^3}{s}$)
- H : Altura neta de caída en [m]
- nT : eficiencia de turbina
- ng : eficiencia de generador
- nt : eficiencia de transformador

2.4.2 Criterios de selección de Caudal de Diseño

Los criterios de selección del caudal de diseño se basan en el caudal disponible y su rentabilidad. El caudal de diseño es un porcentaje del caudal disponible el cual depende de la región en la que se encuentra la cuenca. El proyecto se encuentra dentro de la región Atlántico 13 para el cual se solicita utilizar una persistencia del 60% de la curva de duración (Consortio Halcrow Group-OIST S.A., 2011).

Por otro lado, un criterio de selección de caudal para una central hidroeléctrica es el factor económico. Para ello se analiza la rentabilidad del proyecto, la cual es la diferencia entre la venta anual de energía traído a valor presente y la inversión para la ejecución del proyecto.

Para la inversión se utiliza una progresión lineal que recopila las inversiones en los proyectos hidroeléctricos RER adjudicados anteriormente. Esta relación se muestra mediante la Ecuación 7 (Guzmán & Deyvis, 2019)

$$CC = 0.018 * P^2 + 1.693 * P \quad (7)$$

Donde:

- CC : Inversión para la central en MM\$
- P : capacidad de la central en MW

2.4.3 Caudal turbinable

El caudal turbinable es aquel caudal que es posible captar en un mes dado. En un periodo anual no es posible turbinar siempre la misma potencia nominal, pues depende del recurso disponible mes a mes (Ministerio de Energía y Minas, 2011). Por lo tanto, la central puede operar mientras que el caudal del río sea mayor al caudal mínimo turbinable más el caudal ecológico. Finalmente, se tiene en cuenta la Ecuación 8 y Ecuación 9 para calcular los caudales turbinables para el periodo en estudio del presente proyecto

$$Q_{min} < Q_{rio} - Q_{eco} < Q_d \rightarrow Q_t = Q_{rio} - Q_{eco} \quad (8)$$

$$Q_{rio} - Q_{ec} \geq Q_d \rightarrow Q_t = Q_d \quad (9)$$

Donde:

Q_{min} : Caudal mínimo turbinable en m³/s; entre 8% a 10% del Q_d

Q_{rio} : Caudal del río en m³/s

Q_{eco} : Caudal ecológico en m³/s

Q_d : Caudal de diseño en m³/s

2.4.4 Factor de planta

El factor de planta es un factor que indica la eficiencia del proyecto. Este factor relaciona la energía promedio suministrada con la potencia de la central hidroeléctrica. El factor de planta es un factor muy importante en el diseño de una central hidroeléctrica, ya que está directamente relacionado con la rentabilidad de un proyecto (Coz, 1995).

Para el cálculo de factor de planta considera la energía disponible o la potencia instalada. Así mismo, para el cálculo de la energía promedio se utiliza un hidrograma o una curva de duración.

Por lo tanto, el factor de planta puede resumirse en la Ecuación 10 y en la Ecuación 11.

$$FP = \frac{\text{Potencia usada} \times \text{tiempo}}{\text{Potencia instalada} \times \text{tiempo}} \quad (10)$$

$$FP = \frac{\text{Energía usada}}{\text{Energía disponible}} \quad (11)$$

2.5 ANALISIS SOCIO-AMBIENTAL

El análisis socio ambiental se realiza para poner identificar la relación entre el impacto de la MCH en el medio físico y biológico en la que esta se ubica. Este aportara al diagnóstico del impacto al ecosistema por las consecuencias de las actividades de ejecución y operación del proyecto de una central hidroeléctrica. El análisis socio ambiental no tiene el mismo alcance que un estudio de impacto ambiental (EIA), pero en el caso que se requiera uno, este es una guía base para realizar una declaración de impacto ambiental o EIA.

El Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) es un sistema de coordinación e identificación de los impactos ambientales de todos los proyectos de inversión pública. En el artículo 36 de la Ley N° 27446 con el nombre de Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto ambiental clasifican los proyectos públicos o privados que están sujetos al SEIA en 3 categorías, las cuales son las siguientes.

Tabla 2-1 Categorías de proyectos según la SEIA (SEIA, 2002)

Categoría	Descripción
Categoría I	Declaración de Impacto Ambiental (DIA): Estudio ambiental mediante el cual se evalúan los proyectos de inversión respecto de los cuales se prevé la generación de impactos ambientales negativos leves.
Categoría II	Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIA-sd): Estudio ambiental mediante el cual se evalúan los proyectos de inversión respecto de los cuales se prevé la generación de impactos ambientales negativos moderados.
Categoría III	Estudio de Impacto Ambiental Detallado (EIA-d): Estudio ambiental mediante el cual se evalúan los proyectos de inversión respecto de los cuales se prevé la generación de impactos ambientales negativos significativos

Teniendo en cuenta las clasificaciones del SEIA, se considera que el presente proyecto está dentro de la Categoría I. Consecuentemente, se necesita una Declaración de Impacto Ambiental. Por lo tanto, el capítulo del análisis Socio-Ambiental utilizara la guía de formulación de DIA emitido por el MINEM (MINEM, 2002) como una guía base.

En la Tabla 2-2 se muestran los requerimientos mínimos para un DIA. Varios de los requerimientos solicitados se complementan con estudios realizados en este trabajo. Es el caso

del Ítem 11 de la Tabla 2-2 con el capítulo de Análisis Económico. Por otro lado, se complementa la información con el desarrollo de los siguientes capítulos.

Tabla 2-2 Requerimientos Mínimos DIA

Ítem	Nombre
1	Datos generales
2	Descripción del Proyecto
3	Aspectos del medio físico, biótico, social, cultural y económico
4	Plan de Participación Ciudadana
5	Descripción de los posibles impactos ambientales
6	Medidas de prevención, mitigación o corrección de los impactos ambientales
7	Plan de Seguimiento y Control
8	Plan de Contingencias
9	Plan de Cierre o Abandono
10	Cronograma de Ejecución
11	Presupuesto Implementación

2.5.1 Área de influencia

Según el DS N° 014-2019-EM, con el nombre de Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas, esta define el área de influencia como “Espacio geográfico sobre el que las actividades eléctricas ejercen algún tipo de impacto ambiental”. El área de influencia, a efectos del desarrollo de las actividades eléctricas, está constituido por aquello que sea sustentado y determinado en el respectivo Estudio Ambiental o Instrumento de Gestión Ambiental complementario.” (MINEM, 2019)

Así mismo, para hallar el área de influencia se analiza todos los componentes ambientales que están involucrados en el área del proyecto desde un punto de vista técnico. Por otro lado, se analiza la incidencia del proyecto tanto en la ejecución como en las actividades posteriores. Por lo tanto, el área de influencia se puede separar en área de influencia directa y área de influencia indirecta.

El área de influencia directa (AID) está relacionado a la construcción de la MCH, la cual esta está relacionada al espacio físico que ocupa en forma temporal o permanente los componentes

de la MCH desde el inicio del proyecto hasta la vida útil del mismo. Se considera el AID como el área de emplazamiento de la MCH.

El área de influencia indirecta (AII) se define como un elemento del AID del proyecto que influye a su vez en otros componentes ambientales. Generalmente se define como un radio de impacto fuera del AID dependiendo de la magnitud del proyecto. Por lo tanto, se considera el AII como las vías de acceso hacia la MCH y elementos auxiliares al proyecto. Cabe resaltar que un AII puede tener un efecto tanto positivo como negativo. (CESEL INGENIEROS, 2015)

2.5.2 Descripción del Proyecto

Entre lo indicado por la ley del SEIA, se expone las actividades previas que se desarrollan antes de la etapa de construcción del proyecto. Por otro lado, se detalla las construcciones a desarrollar y el plazo previsto para su ejecución. Se considera también la infraestructura de servicios básicos e infraestructura vial para el acceso y desarrollo del proyecto.

Con respecto a la materia prima, se señala todo los procesos y recursos naturales que se van a utilizar en el área de influencia, desde la ejecución de la obra y durante la vida útil del proyecto.

Por otro lado, se indica el efluente o residuos líquidos de la ejecución de la obra y de la puesta en marcha del mismo. Estos incluyen residuos líquidos domésticos y residuos líquidos industriales y el nivel de toxicidad. También, se señala si el proyecto contempla la construcción de sistema de tratamiento primario, secundario o terciario.

Finalmente, se efectúa una caracterización de todo aquello que se estima como residuos sólidos y semisólidos. Se indica el sistema de almacenamiento y tratamiento dentro de las instalaciones, así como el destino final previsto y la forma de transporte al destino final.

2.5.3 Aspectos del medio físico, biótico, social, cultural y económico

Uno de los objetivos del SEIA es el de mitigar los impactos negativos. Es por ello que se efectúa la caracterización del medio físico, biótico, social, cultural y económico del proyecto. De esta

forma, se previene y corrige el impacto del proyecto. Entre los aspectos que se pide identificar, están los de Salud, Educación, Social, Cultural, Económico, Fisiografía, Biótico, etc.

2.5.4 Descripción de los posibles impactos ambientales

Se identifican los posibles impactos ambientales con la información desarrollada y se señala los principales impactos ambientales y sociales que se estima que genera el proyecto.

Es importante identificar el impacto socioambiental de la generación de energía hidráulica. El impacto depende de diversos factores como el tipo de represa, las dimensiones, eficiencia, características geológicas del embalse y de la cuenca, el estado de la cuenca colectora, los métodos de construcción y la calidad del agua, entre otros (Serra, 2015).

2.6 DISEÑO DE OBRAS CIVILES

2.6.1 Bocatoma

La bocatoma es una obra de captación que deriva las aguas de un río (Mansen Valderrama, 2012). Existen cuatro tipos de bocatomas. Dependiendo del tipo de toma, estas pueden ser: toma directa, toma mixta o convencional, toma tirolesa o Caucásica y toma móvil.

Por otra parte, los sedimentos son de gran tamaño y se desechan con mayor facilidad. Caber resaltar que esta rejilla cuenta con barras que, por su dimensión y la separación entre ellas, cumplen la función de filtración y dejan pasar el material peligroso para la turbina y el sistema en general. Para el diseño de la bocatoma se sigue el siguiente procedimiento

2.6.1.1 Dimensionamiento de la rejilla de captación

Como se puede apreciar en la Ilustración 2-5 la rejilla debe contar con una inclinación para poder facilitar el paso del material. Por otro lado, el caudal que atraviesa la rejilla debe ser igual al área efectiva de la reja, la cual viene definida por la Ecuación 12, multiplicada por la velocidad resultante que atraviesa la rejilla.

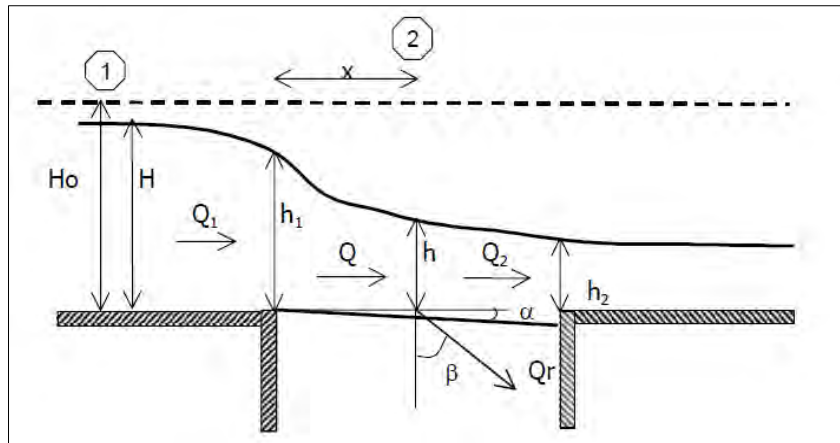


Ilustración 2-5 Toma de fondo tipo Mostkov (García Vélez, 2003)

$$A = b * L * K * \text{Cos}(\beta_{\text{med}}) \quad (12)$$

Donde:

- A : Área de la rejilla en [m²]
- b : Ancho de la rejilla en sentido perpendicular al río en [m]
- L : Longitud de la rejilla en [m]
- K : Coeficiente que reduce el área total para el paso del agua
- β_{med} : Ángulo medio de incidencia de la velocidad en [°]

$$\text{Ecuación 13} : K = (1 - f) * \left(\frac{s}{s+t}\right) \quad (13)$$

Donde:

- f : porcentaje de obstrucción de arena y grava
- s : espacio libre entre barrotes en [m]
- t : ancho del barrote en [m]

$$\text{Ecuación 14} : Q = C * K * \text{cos}(\beta) * b * L * \sqrt{2 * g * H_o} \quad (14)$$

Donde:

- Q : caudal que entra por la rejilla en [m³/s]
- C : coeficiente de contracción en función de "s"
- β : Ángulo con la vertical de la velocidad resultante en [°]
- H_o : carga hidráulica o energía específica en [m]

$$C = C_o - 0.325 * i \quad (15)$$

Donde:

- C_o : 0.6 para e/s ≥ 0.4
- C_o : 0.5 para e/s < 0.4
- i : tan (α)

Entonces con la Ecuación 14 y Ecuación 12 planteadas por E.A. Zamarín y Bakhmeteff y

Boussineq respectivamente se llega a la Ecuación 16

$$Q = C * K * b * L * \sqrt{2 * g * h_m} \quad (16)$$

$$h_1 = \frac{2}{3} * H_o \quad (17)$$

$$Q = 2.55 * C * K * b * L * \sqrt{H_o} \quad (18)$$

Donde:

h_m : altura media de agua sobre la rejilla en [m]

h_1 : altura de entrada de agua a la rejilla [m]

Por lo tanto, reemplazando e igualando las expresiones mencionadas anteriormente se tiene la Ecuación 19 para el caudal captado. Despejando el ancho de la rejilla se llega a la Ecuación 20.

$$Q = 3.20 * (C * K)^{3/2} * b * L^{3/2} \quad (19)$$

$$b = \frac{0.313 * Q}{(C * K)^{3/2} * L^{3/2}} \quad (20)$$

La rejilla debe tener una inclinación no mayor al 20% según Mostkov. Sin embargo, en algunos casos este valor alcanza hasta el 40%, según Bouvard. Por otro lado, para Mostkov la separación entre barras fluctúa entre 2 y 6 cm (García Vélez, 2003)

2.6.1.2 Dimensionamiento de altura de Barraje o Azud

Debido a que la rejilla forma parte del azud, la carga H_o es el tope de la cresta del azud, tal como se representa en la Ilustración 2-6. Por otro lado, la altura sobre el lecho del río a la cual se encuentra la rejilla es de 20 a 50 cm (García Vélez, 2003).

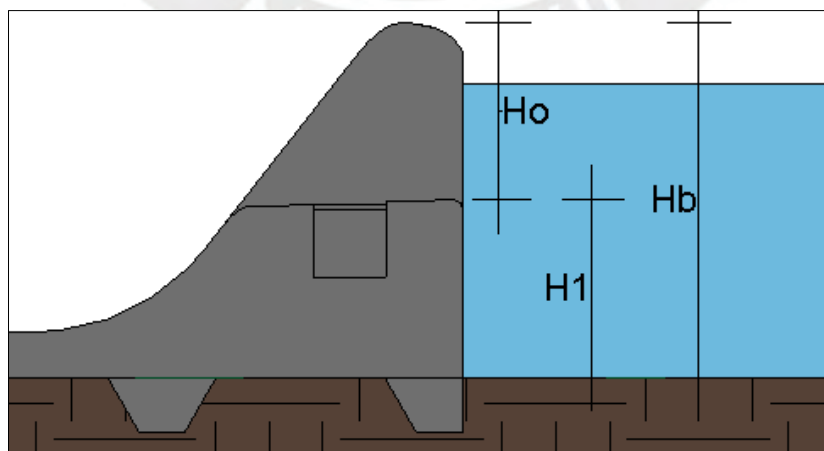


Ilustración 2-6 Esquema de barraje típico (elaboración propia)

Por último, la altura del barraje es toda la altura de agua comprendida entre ambas cotas.

$$H_b = H_1 + H_o \text{ (m)} \quad (21)$$

Donde

H_b : Altura del barraje

H_1 : Altura a la que se encuentra la rejilla, sobre el lecho del río

H_o : Carga en la entrada de la rejilla

2.6.1.3 Dimensionamiento de la galería de captación

Para el prediseño de la galería de captación se utiliza el método de Zamarín. Este método consiste en dividir la rejilla en partes iguales. De esta manera, se puede determinar el caudal por cada diferencial de "X" y con este la velocidad para cada diferencial de área. Finalmente, se obtiene la pérdida "hdx" con la cual se halla la cota al final de la galería. El procedimiento completo se muestra a continuación:

- Se divide la longitud de la rejilla "b" en "n" partes iguales equivalente a delta de X

$$X = \frac{b}{n} \quad (22)$$

- El caudal para cada diferencial es Q_x

$$Q_x = \frac{Qd}{b} * X \quad (23)$$

El promedio de la velocidad en la galería debe ser por lo menos igual a la Ecuación 25

$$Q = Cd * A_o * \sqrt{2 * g * H} \quad (24)$$

$$V > 3 * \sqrt{g * s} \quad (25)$$

- La altura necesaria para cada punto de la galería es el siguiente

$$dx = \frac{Ax}{L} = \frac{Q_x}{V_x * L} \quad (26)$$

$$V_x = \frac{V_f - V_o}{b} + V_o \quad (27)$$

- Se revisa el flujo para cada "dx" y se verifica que este sea subcrítico para que no se produzca resalto hidráulico

$$S = \frac{V^2 * n^2}{R^{4/3}} \quad (28)$$

- Finalmente se calcula las cotas de fondo con la siguiente ecuación

$$\frac{Vx^2}{2 * g} + dx + \sum hfx \quad (29)$$

2.6.1.4 Determinación de la altura de los muros de encauzamiento

La altura del muro de encauzamiento se calcula con la Ecuación 30.

$$Hm = 1.25(Hb + Hqmax) \quad (30)$$

Donde:

Hm : Altura del muro de encauzamiento [m]

Hb : Altura del barraje [m]

Hqmax: Altura por encima de la cresta de barraje en función a Q avenida [m]

El margen libre es de 20% a 25% de la altura relativa de barraje.

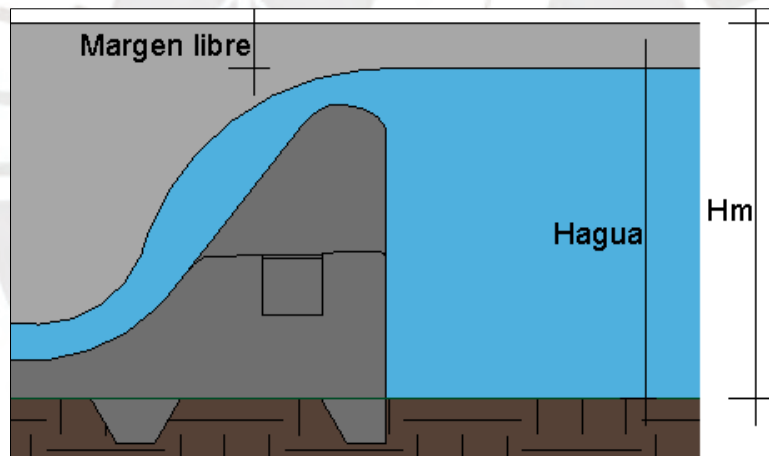


Ilustración 2-7 Esquema de muro de encauzamiento (elaboración propia)

2.6.2 Canal de conducción o Aducción

Un canal tiene la función de conducir el agua de una obra civil a otra. En este trabajo de investigación, el canal de conducción es el encargado de transportar el caudal captado hacia la cámara de carga. Un canal de conducción puede ser construido con diferentes materiales, desde concreto simple hasta canales de tierra.

El flujo en este canal es uniforme pues la profundidad, el área mojada y la velocidad son constantes (Chow, 1994). De igual manera, la gradiente hidráulica y geométrica son constantes, así como la rugosidad de Manning a lo largo del canal (Pando Casabona & Zárte Rivera, 2016). Por otro lado, los factores a tener en cuenta son la pendiente, el material, el caudal, tamaño y forma del canal.

Otros factores a considerar son el talud de diseño, el margen libre para prevenir rebose y la velocidad mínima permisible para evitar deposición de material, crecimiento de plantas y de musgo.

El caudal del canal se representa mediante la ecuación de continuidad. Para el diseño del canal se utiliza la ecuación de Manning, así como la relación de continuidad.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} * S^{1/2} \quad (31)$$

Donde:

- V : Velocidad media, para fines prácticos [$\frac{m}{s}$] (Chow, 1994)
- R : Radio hidráulico [m]
- S : Pendiente de la línea de energía
- n : Coeficiente de rugosidad

Finalmente, con el caudal captado y la velocidad hallada se determina el área mojada en m². Por tanto, se determina el ancho y, tomando en consideración el margen o borde libre, el tirante de agua de diseño. Por último, con estos valores se verifica el tipo de flujo con el Número de Froude (Fr).

$$Fr = \frac{u}{\sqrt{g * Dh}} \quad (32)$$

Donde:

- V : Velocidad media, para fines prácticos [m/s] (Chow, 1994)
- g : Aceleración de la gravedad ($\frac{m}{s^2}$)
- Dh : Profundidad [m]

2.6.3 Desarenador

El desarenador es una obra hidráulica cuya función es la de sedimentar las partículas que se encuentran presentes en el caudal captado mediante el paso del agua a una velocidad lenta y en una longitud considerable. Además, su función secundaria es la de remover las partículas decantadas mediante una compuerta de purga.

Es importante la presencia del desarenador pues el efecto de las partículas en suspensión contra las turbinas es desfavorable, por ejemplo el desgaste o disminución de secciones de los canales y cámara de carga (Autoridad Nacional del Agua, 2010b). Para el diseño del Desarenador y sus elementos se sigue el procedimiento propuesto por la Autoridad Nacional de Agua en el Manual y criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos del 2010. En la Ilustración 2-8 se muestra una isometría típica de un desarenador según Nozaki.

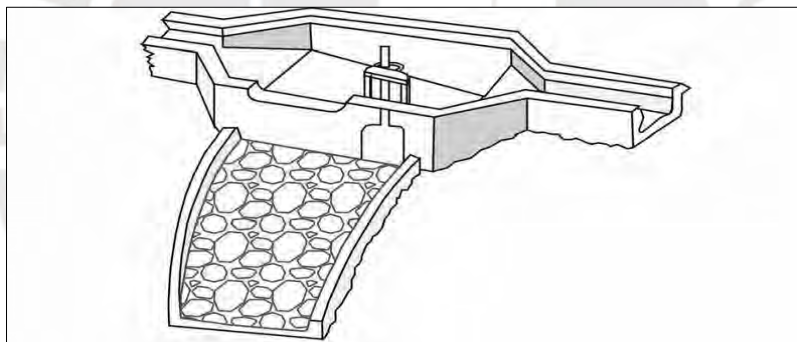


Ilustración 2-8 Desarenador Típico(Dávila, C.; Vilar, D.; Villanueva, G.; Quiroz, 2010a)

2.6.3.1 Transición de entrada

Es necesario hallar la longitud de transición entre el canal y la nave del desarenador, para dicho fin se utiliza la siguiente ecuación:

$$L_t = \frac{bnave - bcanal}{2 * \tan(12.5^\circ)} \quad (33)$$

Donde:

L : longitud de la transición [m]

bnave : Ancho de la nave del desarenador [m]

bcanal : Ancho del canal [m]

2.6.4 Cámara de sedimentación

La cámara de sedimentación debe cumplir la relación de continuidad entre caudal, área y velocidad. Además, se debe escoger un diámetro de partícula de acuerdo Tabla 2-3 y Tabla 2-4.

Tabla 2-3 Diámetro de partículas en función a la altura de caída (Autoridad Nacional del Agua, 2010b)

Diámetro de partículas (d) retenidas en el desarenador (mm)	Altura de caída (H) (m)
0.6	100 - 200
0.5	200 - 300
0.3	300 - 500
0.1	500 - 1000

Tabla 2-4 Diámetro de partículas en función al tipo de turbinas (Autoridad Nacional del Agua, 2010b)

Diámetro de partículas (d) en (mm)	Tipo de turbina
1 - 3	Kaplan
0.3 - 1	Francis
0.1 - 0.3	Pelton

Además, la velocidad debe variar entre 0.1m/s y 0.4m/s y se calcula mediante la Ecuación 34. Existe una relación entre la base y la profundidad de la nave de 2 a 3. Si la profundidad de diseño excede los 4m se debe considerar hacer más de una nave.

$$v = a * \sqrt{d} \text{ en } \frac{cm}{s} \quad (34)$$

Donde:

d : diámetro [mm]

a : constante dependiente del diámetro

Tabla 2-5 Valores para la constante a

Diámetro	Constante "a"
Para d > 1 mm	a = 36
Para 0.1 < d < 1 mm	a = 44
Para d < 0.1 mm	a = 51

La longitud del desarenador mediante la siguiente expresión

$$L = \frac{V*H}{w} \quad (35)$$

Donde:

V : Velocidad media del flujo en el desarenador

H : Altura del desarenador

w : Velocidad de sedimentación en fluido en movimiento

Existen distintos procedimientos para hallar la velocidad de sedimentación de un fluido en reposo (w_0). Por ejemplo, la tabla preparada por Arkhangelski, nomogramas de Sellarero, Sudry, fórmulas de Scotti-Foglieni, etc. En el caso de este estudio, se muestra solo la tabla preparada por Arkhangelski.

Tabla 2-6 Tabla de Arkhangelski

d(mm)	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.7	0.8	1	2	3	5
w(cm/s)	0.18	0.69	1.56	2.16	2.7	3.24	3.78	4.32	4.86	5.4	5.94	6.48	7.32	8.07	9.44	15.3	19.3	24.9

Luego, se corrige el valor para conseguir la velocidad de sedimentación en un fluido en movimiento pues la velocidad del desarenador, aun siendo pequeña, todavía no está en reposo.

Para tal corrección, se emplea la expresión de Sokolov.

$$w = w_0 - 0.152 * w_0 \quad (36)$$

Donde:

w : Velocidad de sedimentación en fluido en movimiento

w_0 : Velocidad de sedimentación en fluido en reposo

2.6.5 Vertedero

Uno de los elementos del desarenador son los vertederos. Su función es transportar el agua desde el final del desarenador hasta el canal de conducción. Se recomienda que la velocidad no exceda el 1 m/s y que la carga de agua no sea mayor a 25cm. Se debe incrementar el número de naves en caso que exceda los valores recomendados. Para halla el caudal sobre el vertedero, se determina con la siguiente formula.

$$Q = C * L * H^{3/2} \quad (37)$$

Donde:

Q : Caudal en $(\frac{m^3}{s})$

C : Coeficiente de descarga-1.84 para cresta aguda y 2.00 para perfil Creager

L : Longitud de la cresta [m]

H : Carga sobre el vertedero [m]

2.6.6 Compuerta de purga

Otro elemento de un desarenador es la compuerta de purga. Su función es desalojar los materiales depositados en el fondo del desarenador. Para ello, se diseñan las naves con pendientes de 2% y 6% para facilitar el movimiento de los sedimentos. Además, la velocidad de descarga está comprendida entre 3 y 5 m/s. El dimensionamiento de la compuerta de purga se realiza con la siguiente fórmula

$$Q = Cd * Ao * \sqrt{2 * g * H} \quad (38)$$

Donde:

Q : Caudal de descarga en $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

Cd : Coeficiente de descarga - 0.6 para purga de pared delgada

Ao : Área de compuerta

g : Gravedad $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

H : Carga sobre el orificio, desde el centro del orificio hasta la superficie libre

2.6.7 Cámara de carga

La cámara de carga tiene la finalidad de suministrar el agua de manera constante desde el canal hacia la tubería forzada. Por otro lado, una función secundaria es expulsar el exceso de agua mediante un vertedero tal como se aprecia en la Ilustración 2-9. Finalmente, evita que ocurra un fenómeno transitorio en la tubería forzada; es decir, que existan incrementos de presiones que provoquen el fenómeno de golpe de ariete.

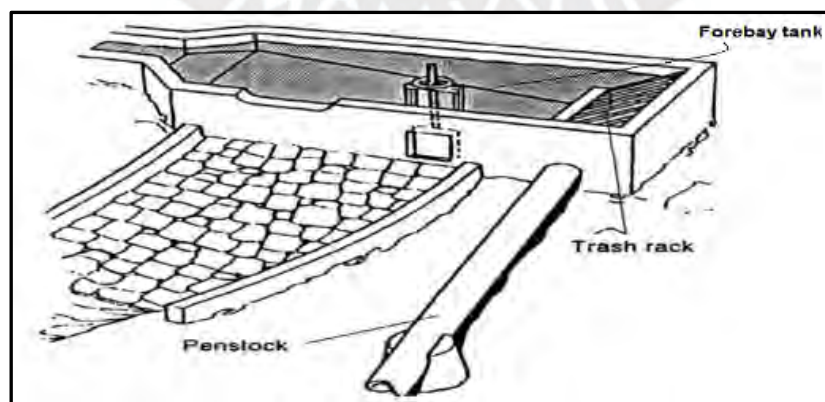


Ilustración 2-9 Esquema de cámara de carga (Coz, 1995)

La característica principal a diseñar es la altura de inmersión sobre la tubería forzada. Esta es la altura mínima para que no se presenten vórtices o se genere cavitación en la tubería. Su diseño forma parte de la transición a la tubería forzada y dependen de las siguientes ecuaciones:

2.6.7.1 Altura de Inmersión

$$H_s \geq \frac{1.5 * V^2}{2 * g} \quad (39)$$

Donde:

H_s : Altura de inmersión, medida desde el tope de la tubería forzada en (m)

V : Velocidad del agua en tubería forzada en $(\frac{m^2}{s})$

g : Gravedad $(\frac{m}{s^2})$

$$H_{min} = C * V * \sqrt{D} \quad (40)$$

Donde:

C : Constante que varía según algunos autores entre 0.3 y 0.4 o 0.5 y 0.6)

V : Velocidad del agua en tubería forzada en $(\frac{m^2}{s})$

D : Diámetro en tubería forzada en (m)

Por otro lado, la tubería forzada debe estar por encima del lecho de la cámara, entre 0.30 y 0.50 m. Además, se considera las pérdidas debido a las rejillas de limpieza mediante la Ecuación 41.

$$h_t = K_t * \left(\frac{t}{b}\right)^{4/3} * \frac{V^2}{2 * g} * \text{sen}(\alpha) \quad (41)$$

Donde:

h_t : Pérdida en (m)

K_t : Coeficiente de forma de la barra

t : Espesor de la barra en (m)

b : Espaciamiento entre barras en (m)

V : Velocidad de aproximación a la reja en $(\frac{m^2}{s})$

g : Gravedad $(\frac{m}{s^2})$

α : Inclinación de la reja con respecto a la horizontal en ($^\circ$)

2.6.7.2 Tanque de almacenamiento

Por otro lado, se calcula las dimensiones faltantes de la cámara de carga con la ecuación de continuidad. Cabe resaltar que existe una longitud de transición, esta se calcula mediante la Ecuación 33. Finalmente, se calcula la capacidad de la cámara mediante un tiempo de

almacenamiento de 2 a 3 minutos del caudal de diseño (Alternate Hydro Energy Centre, 2013) tal como muestra la Ecuación 42.

$$C = (120 - 180) * Qd \quad (42)$$

Donde:

C : Capacidad de la cámara de carga en (m3)

Qd : Caudal de diseño en (m3/s)

2.6.8 Tubería forzada

La tubería forzada transporta el agua que sale de la cámara de carga hacia la casa de máquinas. El material que se utiliza es el acero soldado con un espesor de variable. Además, la tubería necesita estar anclada al terreno en los extremos y en los cambios de dirección (ESHA, 2006). Para el diseño de la tubería forzada se debe tomar en cuenta el diámetro, la velocidad; el espesor de pared, cuya función está relacionada a las sobrepresiones o al golpe de ariete; y finalmente, los anclajes que acompañan a dicha estructura.

2.6.8.1 Perdida de Carga

En las tuberías a presión se debe considerar las perdidas por la fricción del líquido con el material de las tuberías. Esta perdida se puede calcular con la fórmula de Darcy.

$$hf = \frac{L*v^2}{2*g*D} \quad (43)$$

2.6.9 Diámetro de la tubería

Para el cálculo del diámetro se limita la velocidad media del flujo a 4m/s- 6m/s y la perdidas de carga a un porcentajes de 0.5% a 2% (Nozaki, 1980) y hasta 4% en algunos casos (ESHA, 2006) debido a que velocidades mayores generar pérdidas de energía.

-Ecuación de Fahlbusch:

$$D = \left(\frac{5.2*Q^3}{H} \right)^{1/7} \quad (44)$$

Dónde :
 Q : Caudal de Diseño
 D : Diámetro de tubería
 H : Altura neta de caída en [m]

-Determinación del diámetro económicamente óptimo

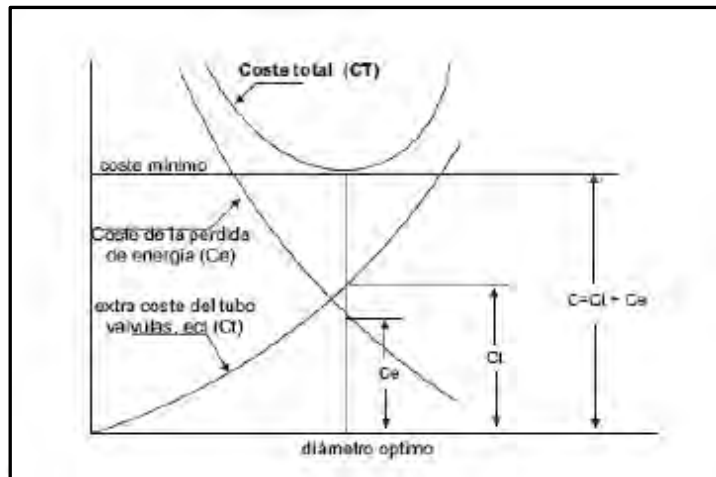


Ilustración 2-10 Obtención del diámetro óptimo (ESHA, 2006)

Este enfoque considera los costos de pérdida de energía, en la vida útil de la mini central hidroeléctrica, versus el costo directo de la central. El punto más bajo del costo total le corresponde al diámetro económicamente óptimo, muy cerca a la intersección de ambos costos. Esto se puede apreciar en la Ilustración 2-10.

2.6.10 Espesor mínimo de pared de tubería

El espesor de la tubería forzada está definido por la presión interna, el diámetro y el esfuerzo límite a la tracción del material. El cálculo viene dado por la siguiente ecuación.

$$e = \frac{P \cdot D}{2 \cdot \sigma_t} + e_o \quad (45)$$

Donde:

- e : Espesor de pared de tubería [mm]
- P : Presión interna [kN/mm²]; $P = \rho(\text{agua}) \cdot H_{\text{max}}$
- D : Diámetro interno [mm]
- σ_t : Esfuerzo admisible a tracción [kN/mm²]
- e_o : Sobre espesor o recubrimiento debido a la corrosión

Cabe resaltar que el esfuerzo admisible a tracción es aproximadamente la tercera parte del esfuerzo admisible de fluencia del acero 4200 kN/mm². Por ende, su valor aproximado es de 1400 kN/mm² (ESHA, 2006).

2.6.11 Teoría Elástica/Método de Allievi

Los fenómenos transitorios se refieren a las ondas de presión producidas en líquidos compresibles cuando las condiciones de flujo son modificadas de un estado inicial permanente a otra condición diferente.

Es por ello que es necesario considerar el fenómeno de golpe de ariete en el diseño de espesor. Para este fenómeno se considera dos teorías: la teoría rígida y la teoría elástica con el método de Allievi. Para propósitos de un estudio preliminar, se realiza el estudio de fenómenos transitorios mediante el método de Allievi.

La teoría elástica toma en cuenta la compresibilidad del líquido y la elasticidad de la tubería. Por otro lado, se toma en cuenta la celeridad de la onda de presión (a) y se halla la máxima sobrepresión y la carga que soporta el espesor de la tubería forzada. Según Tsuguo Nozaki se puede emplear 5mm de espesor, mientras que el ASME recomienda un espesor igual al diámetro D más 1.2mm (ESHA, 2006).

$$a = \frac{1}{\sqrt{\rho * \left(\frac{1}{K} + \frac{c * D}{e * E} \right)}} \quad (46)$$

Donde:

- a : Celeridad de la onda de presión [m/s]
- ρ : Densidad del agua [Kg/m³]; $\rho=1000$
- K : Modulo de compresibilidad del líquido [N/m²]
- D : Diámetro de la tubería [m]
- E : Modulo de elasticidad de la tubería [N/m²]
- c : Constante que depende del método de anclaje de la tubería .85
- e : espesor asumido de la tubería [m]

El método de Allievi determina la sobrepresión máxima en el extremo final de la tubería a partir de la siguiente ecuación.

$$\rho' = \frac{a \cdot V_0}{2 \cdot g \cdot H_0} \quad (47)$$

Luego se procede a calcular los siguientes parámetros

$$\xi_1 = -\rho' n_1 + \sqrt{(\rho' n_1)^2 + 1 + 2\rho'} \quad (48)$$

$$\xi_T = \frac{\rho' \cdot t}{2T} + \sqrt{\left(\frac{\rho' \cdot t}{2T}\right)^2 + 1} \quad (49)$$

Donde:

$$t = \frac{2 \cdot L}{a} \quad (50)$$

$$\xi_1 = \sqrt{\frac{H_i}{H_o}} \quad (51)$$

$$n_1 = 1 - \frac{t}{T} \quad (52)$$

Finalmente, se halla el valor máximo entre H_1 y H_t , el cual es la carga máxima con la cual se ingresa en la ecuación de espesor para poder calcular el mismo.

2.6.12 Apoyos y anclajes

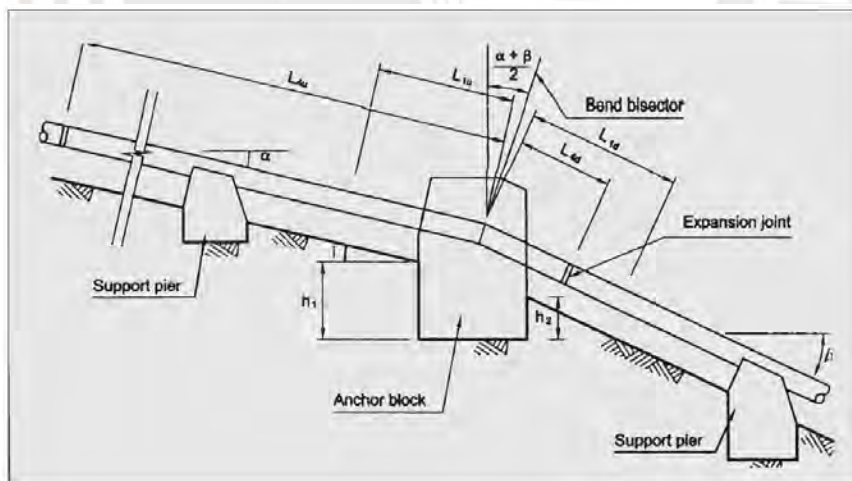


Ilustración 2-11 Anclajes y soportes típicos. (BPC Hydroconsult & Action, 2002)

Los anclajes y apoyos son bloques de concreto armado que impiden el movimiento de la tubería forzada. Cuando el bloque rodea totalmente a la tubería se le considera un anclaje. Por el otro lado, si el bloque de concreto está abierto se le considera un apoyo (BID & OLADE, 1985). En

la Ilustración 2-11 se muestra un esquema básico con un anclaje y 2 soportes para una sección de tubería forzada.

2.6.12.1 Fuerzas que actúan sobre los anclajes y los apoyos

El diseño de los anclajes y soportes se realiza mediante el cálculo de todas las fuerzas que actúan sobre el bloque de concreto. Para el proyecto se utilizó las fuerzas que propone BPC Hydroconsult en el libro Civil Works Guidelines for Micro Hydropower in Nepal. Estas fuerzas son las siguientes:

F₁: Componente del peso que actúa perpendicular a la tubería forzada. Aplica para los anclajes y soportes. Actúa tanto aguas arriba, como aguas abajo del bloque.

$$F_{1u} = (W_p + W_w)(L_{lu})\cos(\infty) \quad (53)$$

$$F_{1d} = (W_p + W_w)(L_{ld})\cos(\infty) \quad (54)$$

F₂: Fuerza de fricción debido al deslizamiento de los soportes. Actúa en dirección opuesta a la fricción y es la suma de todas las fuerzas actuando sobre los soportes entre anclajes y la junta de expansión. Aplica tanto para los anclajes y para los soportes.

$$F_{2u} = f(W_p + W_w)L_{2u}\cos(\infty) \quad (55)$$

$$F_{2d} = f(W_p + W_w)L_{2d}\cos(\infty) \quad (56)$$

F₃: Fuerza hidrostática en los quiebres que actúa en la bisectriz. Solo actúa en anclajes con quiebres horizontales o verticales.

$$F_3 = \frac{2*y*h\left(\frac{a^2}{4}\right)*\sin(\beta - \alpha)}{2} \quad (57)$$

F₄: Componente del peso de la tubería que actúa paralelo a la tubería forzada. Solo aplica para bloques de anclajes. Es significativo si el ángulo de la tubería es mayor a 20 grados.

$$F4d = Wp L4d \sin\beta \quad (58)$$

$$F4u = Wp L4u \sin\alpha \quad (59)$$

F₅: Fuerza debido a la expansión térmica cuando no hay juntas de expansión. Aplica solo a bloques de expansión.

$$F5 = 1000Ea T (d + t)t \quad (60)$$

F₆: Fuerza debido a las juntas de expansión que resiste al deslizamiento. Solo aplica para los bloques de anclajes.

$$F6 = 100d \quad (61)$$

F₇: Fuerza hidrostática en los quiebres que actúa en el sentido de la bisectriz de ella. Aplica solo para bloques de anclajes.

$$F7 = \gamma w * h * \Pi(d + t) t \quad (62)$$

F₈: Fuerza dinámica en la curva debido al cambio de dirección del movimiento del agua. Aplica solo para anclajes. Se puede despreciar debido a que la velocidad es baja.

$$F8 = 2.5 * \left(\frac{Q^2}{d^2}\right) \sin(\beta - \alpha)/2 \quad (63)$$

F₉: Fuerza debido a la reducción de tubería. Aplica solo para anclajes.

$$F9 = \gamma h * \frac{\pi}{4} * (2dbig^2 - dsmall^2) \quad (64)$$

F₁₀: Fuerza debido a la presión del suelo arriba del bloque. Aplica tanto para anclajes y apoyos. Por otro lado, el valor del coeficiente de la presión activa del suelo depende del valor del ángulo de la pendiente del suelo, así como el ángulo de fricción del suelo.

$$F10 = \frac{\gamma h^2}{2} \cos i * Ka * w \quad (65)$$

$$Ka = \frac{\cos i - \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \varphi}}{\cos i + \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \varphi}} \quad (66)$$

Dónde :

α = Angulo aguas arriba de la tubería forzada.
 β = Angulo aguas abajo de la tubería forzada.
 γ_{water} = Peso unitario del agua
 $\gamma_{concrete}$ = Peso unitario del concreto
 $\gamma_{pipe\ material}$ = Peso unitario de la tubería
 γ_{soil} = Peso unitario del suelo
 ϕ = Angulo de fricción del suelo
 d = Diámetro interior de la tubería
 d_{big} = Diámetro mayor en caso de reducción
 d_{small} = Diámetro menor en caso de reducción
 E = Modulo de Young's
 f = Coeficiente de fricción entre la tubería y el bloque de concreto.
 g = Aceleración de la gravedad
 h_1 = Profundidad enterrada aguas arriba
 h_2 = Profundidad enterrada aguas abajo
 t = Espesor de la tubería forzada
 t = Máximo cambio de temperatura del anclaje.

h_{total} = Altura de agua.
 i = ángulo de la pendiente aguas arriba
 K_a = Coeficiente presión del suelo activo
 L_{1d} = Mitad de la distancia entre anclaje y soporte aguas abajo.
 L_{1u} = Mitad de la distancia entre anclaje y soporte aguas arriba
 L_{2d} = Distancia entre 2 soportes consecutivos aguas abajo de un anclaje
 L_{2u} = Distancia entre 2 soportes consecutivos aguas arriba de un anclaje
 L_{4d} = Distancia desde anclaje hasta junta de expansión aguas abajo
 L_{4u} = Distancia desde anclaje hasta junta de expansión aguas arriba
 Q = Caudal en la tubería forzada
 W = Ancho del bloque de concreto
 W_p = Peso del de la tubería por metro.
 W_w = Peso del agua en la tubería por metro.

2.6.13 Procedimiento de diseño

El diseño de los anclajes consiste en analizar 3 casos críticos luego de que se haya calculado la resultante de las fuerzas que actúan en el anclaje. Estos criterios son los siguientes:

Condición de volteo: Las fuerzas que actúan sobre la estructura no deben voltear el bloque.

Para ello se calcula la excentricidad del bloque calculando los momentos de las fuerzas actuantes. La excentricidad debe ser menor a la excentricidad permisible.

$$e < e_{permisible} \quad (67)$$

$$\left| \frac{(L_{base})}{2} - d \right| < (L_{base})/6 \quad (68)$$

Dónde :

d : Resultante de los momentos
 L_{base} : Ancho del bloque

Esfuerzo admisible del suelo: Las cargas que actúan en el bloque son transmitidas al suelo. Estas cargas deben estar dentro del esfuerzo admisible del suelo. Se utilizo la Ecuación 69 para calcular el máximo esfuerzo transferido al suelo. Finalmente, la presión máxima transferido al suelo debe ser menor que la presión máxima admisible del suelo.

$$P_{base} = \frac{\sum v}{A_{base}} \left(1 + \frac{6e}{L_{base}}\right) \quad (69)$$

Donde:

P_{base} : Máxima presión trasferida al suelo

V : Sumatoria de fuerzas verticales que actúan en el bloque

L_{base} : Longitud de la base

A_{base} : Área de la base

e : excentricidad

Condición de deslizamiento: La estructura de anclaje o soporte no debe deslizar. Para ello se considera lo siguiente.

$$u \sum V / \sum H > 1.5 \quad (70)$$

Donde:

u : Coeficiente de fricción entre el bloque de concreto y el suelo

V : Sumatoria de fuerzas verticales que actúan en el bloque

H : Sumatoria de fuerzas horizontales que acatan en el bloque

2.6.14 Casa de máquinas (Turbinas)

Las turbinas hidráulicas tienen como objetivo transformar la energía cinética y potencial en energía mecánica en forma de rotación de la turbina. Por otro lado, el generador es el elemento encargado de transformar dicha energía de rotación en energía eléctrica. Existen dos categorías de turbinas: las de sumersión completa, o conocidas como turbinas de reacción, por ejemplo las turbinas Francis o Kaplan; y las de acción, conocidas como de chorro constante a gran velocidad, por ejemplo las turbinas Pelton (ESHA, 2006).

Se escoge el tipo de turbina mediante el diagrama mostrado en la Ilustración 2-12. Finalmente, se calcula el área requerida en la casa de máquinas mediante el diagrama en la Ilustración 2-13.

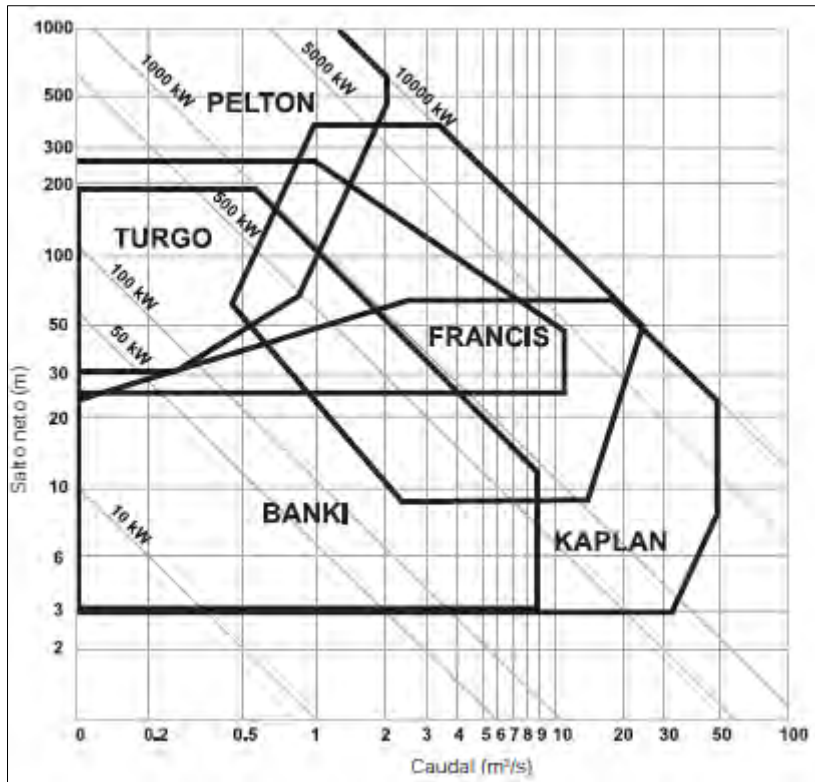


Ilustración 2-12 Selección de turbinas con H_{neto} en [m] y caudales en [m³/s] (Dávila, C.; Vilar, D.; Villanueva, G.; Quiroz, 2010b)

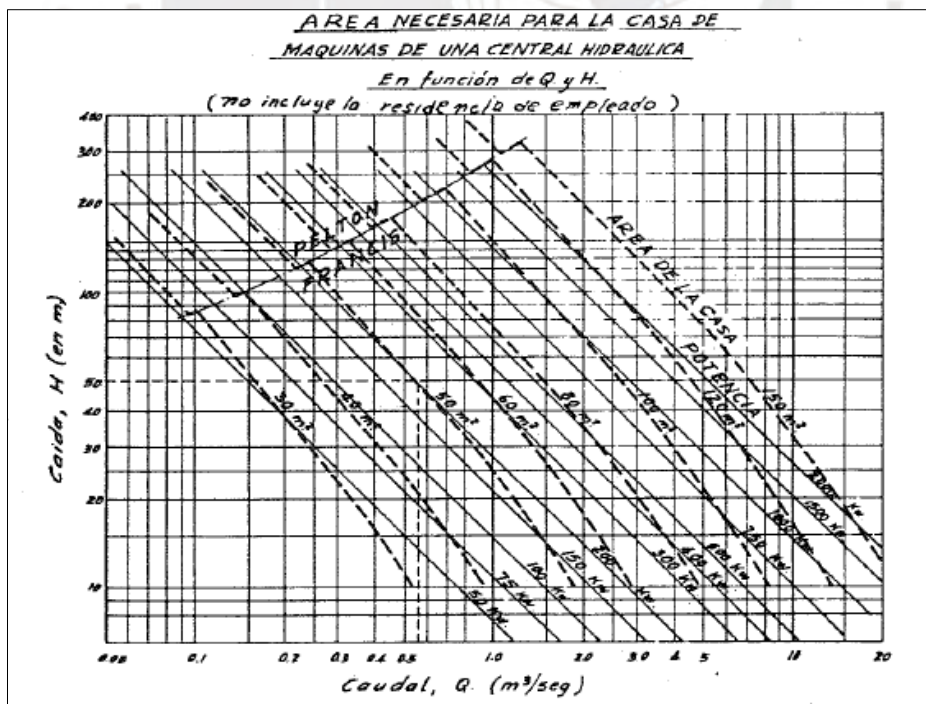


Ilustración 2-13 Área necesaria para la casa de máquinas (Nozaki, 1980)

2.7 ANÁLISIS ECONÓMICO.

El análisis económico examina la viabilidad de un proyecto en relación a sus beneficios. Con esta finalidad, se elabora flujos de caja para evaluar los ingresos y egresos en la vida útil del proyecto. A partir del flujo se obtiene indicadores financieros como el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

Entre los ingresos se tiene la venta de energía anual y el valor residual. Por otro lado, las inversiones y el costo de operación y mantenimiento forman parte de los egresos. Estos conceptos son desarrollados a continuación.

2.7.1 Costos de inversión

El costo de inversión está compuesto por el costo de construcción del proyecto, gastos generales, utilidades e impuesto a la renta. Este egreso es el más importante e incidente para este tipo proyecto, por ello se realiza un presupuesto de inversión para analizar el monto real. Debido a que la presente investigación es un estudio de prefactibilidad el presupuesto se realiza en base a ratios.

Los costos más incidentes que conforman la inversión son el grupo generador y las obras civiles. Dicha incidencia se muestra en los porcentajes de la Tabla 2-7 (IDAE, 2006).

Tabla 2-7 Desagregado de costos más incidentes en la inversión para una mini central hidroeléctrica (IDAE, 2006)

Grupo turbogenerador	30%
Equipos eléctricos, regulación, control y línea	22%
Ingeniería y dirección de obra	8%
Obra civil	40%

2.7.2 Costos de operación y mantenimiento

Los costos de operación y mantenimiento comprenden los gastos relacionados al personal que desempeña labores cada año del proyecto. Es decir, comprende salarios de personal obrero, comité de administración, inspecciones, capacitaciones, asesoramientos, etc.

2.7.3 Venta de energía

La venta de energía se calcula como el producto de la energía anual por la tarifa de venta RER. Por otro lado, se espera que el caudal no sea constante a lo largo del año y por ende la energía generada varía en los meses de estiaje y avenida. La energía anual generada se determina utilizando la Ecuación 71. Finalmente, determina la energía ya la tarifa RER se emplea la Ecuación 72 para hallar el valor de venta.

$$E = \frac{1000 \cdot 24 \cdot 365}{12} * (Pe * FPe * ne + Pa * FPa * na) \quad (71)$$

Donde:

- E : Energía anual generada en KWh
- Pe : Potencia en época de estiaje en MW
- FPe : Factor de planta en época de estiaje
- ne : Meses que considera estiaje
- Pa : Potencia en época de avenida en MW
- FPa : Factor de planta en época de avenida
- na : Meses que considera avenida

$$Va = E * c \quad (72)$$

Donde:

- Va : Venta de energía en US\$
- E : Energía anual generada en KWh
- c : Tarifa RER en US\$/KWh

Por otro lado, se verifica la viabilidad económica comparando el costo unitario energético (CUE) del proyecto frente a los precios de venta histórico en las subastas adjudicadas a la fecha. Se espera que el CUE sea menor a las tarifas de venta RER para que se genere rentabilidad en el proyecto. Para determinar el costo unitario energético se utiliza la Ecuación 73.

$$C. U. E = \frac{VP_{\text{costos}}}{VP_{\text{energía}}} \quad (73)$$

Donde:

- C.U.E. : Costo unitario de energía en US\$/KWh
- VP : Valor presente en US\$

2.7.4 Valor residual

El valor residual del proyecto es el valor de los bienes en el último año de vida útil del proyecto (Intermediate Technology Development Group, 1995). El valor residual se genera en dicho año pues la vida útil de obras y equipos, normalmente, se extiende a más años de la concesión. Por ende, se toma como vida útil de las obras civiles el valor de 50 años, mientras que la maquinaria y el equipo electromecánico cuenta con 35 años de vida útil. Para calcular este valor se utiliza la Ecuación 74.

$$VR_n = Vi - Vi * \frac{n}{N} \quad (74)$$

Donde:

VR : Valor residual en el año n, en US\$

V : Valor inicial del bien, en el año de su instalación, en US\$

N : Vida útil del bien en años

n : Año en el que se calcula el valor residual

Por consiguiente, para realizar el flujo de caja se distribuye los ingresos y egresos a lo largo de la vida útil de la central hidroeléctrica. Cabe resaltar que se realiza dos tipos de flujo de caja para analizar mejor la inversión y la rentabilidad. Estos son el flujo de caja económico y el flujo de caja financiero.

La diferencia entre ambas inversiones es principalmente el financiamiento de una parte del capital invertido. Este financiamiento tiene características propias como una tasa de descuento única.

2.7.5 Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto es la diferencia entre los ingresos y los egresos actualizados al inicio del proyecto. Esta diferencia debe ser positiva pues este resultado indica que existen beneficios a lo largo del proyecto. La forma de calcular este valor se encuentra dada por la Ecuación 75.

$$VAN = -I_0 + \sum \frac{F_i}{(1+r)^t} \quad (75)$$

Donde:

- I_0 : Inversión al inicio, en año 0
- F_i : Flujo en el año i
- r : Tasa anual de descuento
- t : Años del tiempo de vida del proyecto

2.7.6 Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno es la tasa de descuento con la cual el valor actual neto (VAN) se convierte en cero. Esta tasa debe estar por encima de la tasa de descuento inicial, lo cual indica que el proyecto tiene un mejor rendimiento que lo proyectado. La forma de calcular este valor se encuentra dada por la Ecuación 76.

$$VAN = -I_0 + \sum \frac{F_i}{(1+TIR)^t} = 0 \quad (76)$$

Donde:

- I_0 : Inversión al inicio, en año 0
- F_i : Flujo en el año i
- TIR : Tasa interna de retorno
- t : Años del tiempo de vida del proyecto

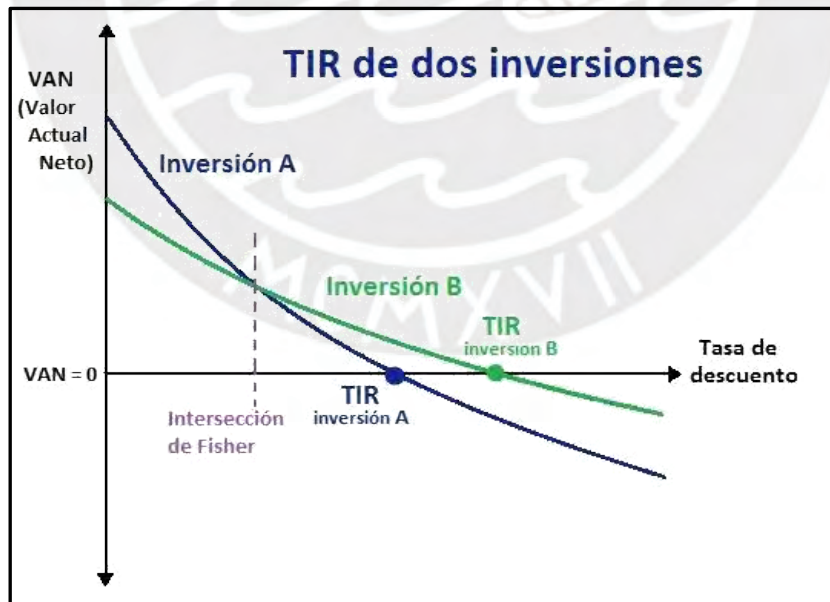


Ilustración 2-14 Relación gráfica entre la tasa interna de retorno y el valor actual neto para dos inversiones (Economipedia, 2017)

Capítulo 3: ESTUDIOS PRELIMINARES

En este capítulo se desarrolló los estudios necesarios que sirven como datos de entrada para el diseño de la central. Los estudios que se realizaron fueron los siguientes: Estudio de la zona de emplazamiento, Estudio del mercado eléctrico, Estudio de oferta hidrológica y finalmente el Estudio del Potencial hidroeléctrico.

3.1 SITUACIÓN ACTUAL – UBICACIÓN

3.1.1 Ubicación Política

La MCH se ubica en el distrito de Cotabambas, en la provincia de Cotabambas, en el departamento de Apurímac. En la Ilustración 3-1 se muestra la ubicación de la central con referencia al departamento de Apurímac.

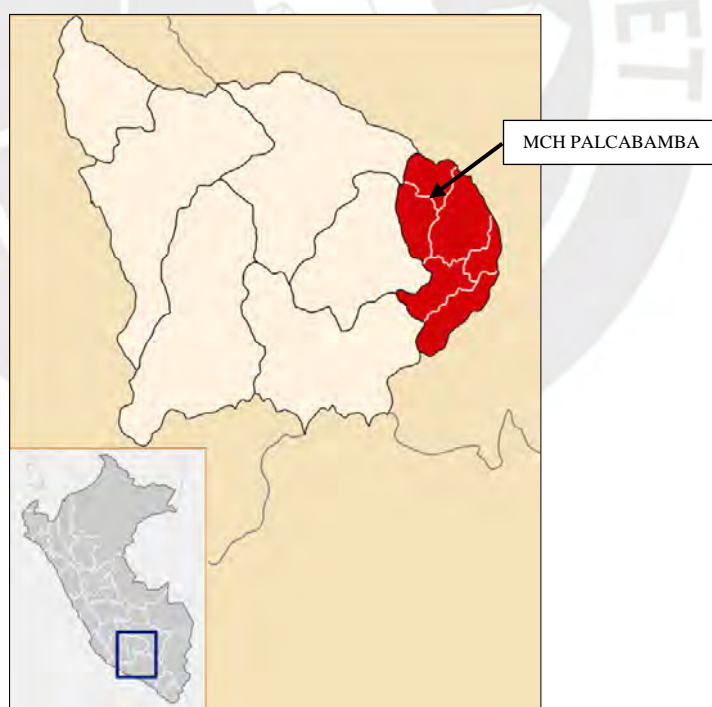


Ilustración 3-1 Ubicación Política de la MCH (DBpedia, 2020)

3.1.2 Accesos a la zona

El distrito de Cotabambas se ubica al sureste del Perú. Para acceder a esta zona de manera terrestre se dirige por la carretera Panamericana sur hasta el acceso a la carretera Libertadores y se continua hasta el desvío de Arizona. Finalmente, se dirige por la carretera hacia Abancay y luego hasta el distrito de Cotabambas.

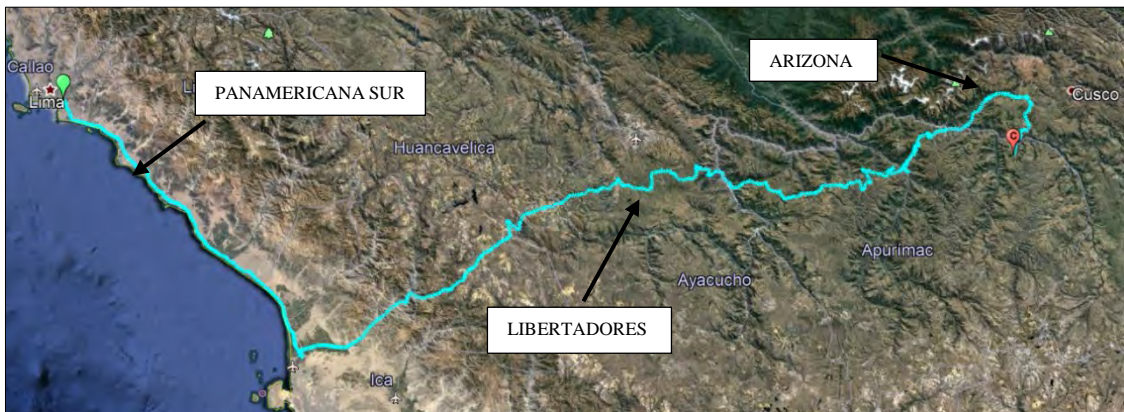


Ilustración 3-2 Acceso desde Lima

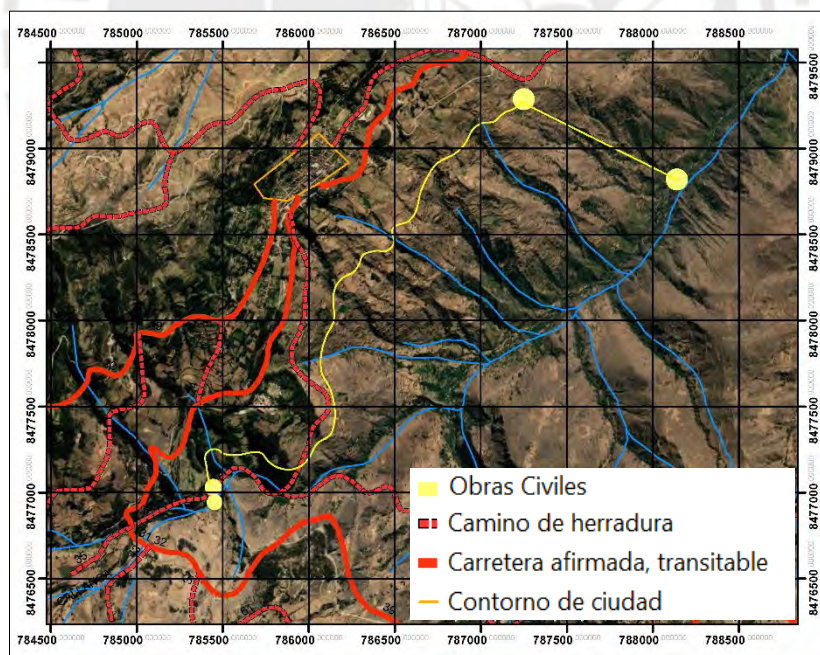


Ilustración 3-3 Accesos en Cotabambas

Por otro lado, en la Ilustración 3-3 se muestra las vías existentes en la zona de Cotabambas. Se observa que existen caminos de herradura y caminos afirmados que se pueden utilizar como

accesos a las obras civiles excepto para la casa de máquinas. Por ende, se debe considerar la incidencia de dicha infraestructura para un estudio de factibilidad en los campos que incida, ya sean en análisis económico o el estudio de impacto ambiental.

3.1.3 Situación Actual

A la fecha de la investigación, en el distrito de Apurímac existen 5 centrales hidroeléctricas, de las cuales ninguna se encuentra en el distrito de Cotabambas. En la Ilustración 3-4 se muestra el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional a través de la plataforma visual de OSINERGMIN. En este visor se muestra que en el lugar de emplazamiento no existen proyectos a futuro. Por otra parte, la central hidroeléctrica más cercana es la central Mancahuara, ubicada en el distrito de Grau a 40 kilómetros de distancia.

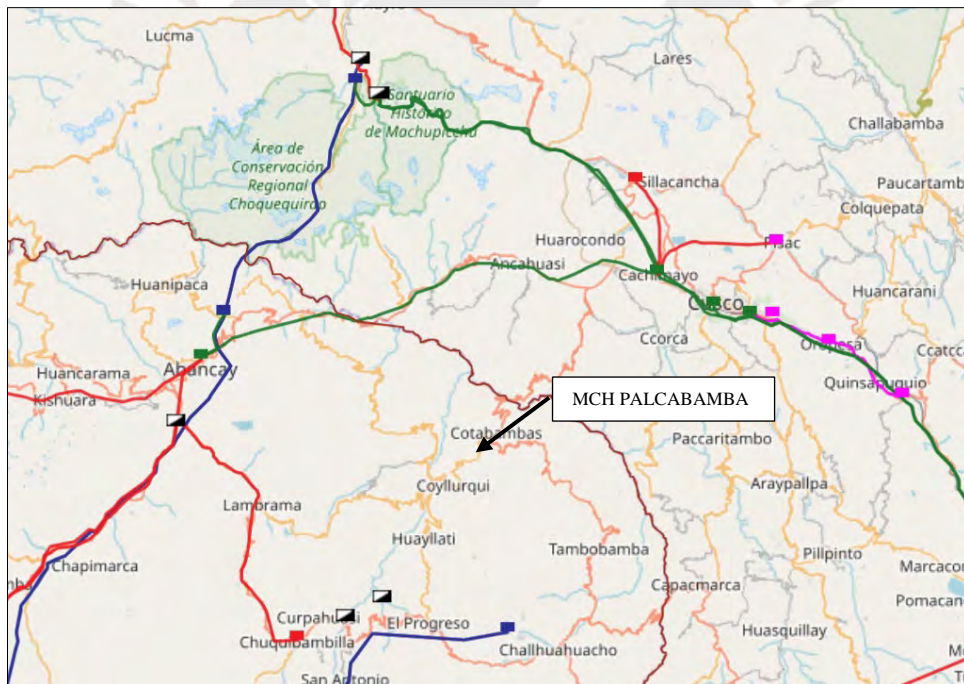


Ilustración 3-4 SEIN (COES, 2019)

Donde:

- : Líneas y subestaciones de 30 kV
- : Líneas y subestaciones de 138 kV
- : Líneas y subestaciones de 60 kV
- : Líneas y subestaciones de 220 kV
- : Centrales hidroeléctricas interconectadas existentes

Por otro lado, en la zona de estudio tampoco existen otros tipos de sistemas de operación, ya sean centrales terminas, eólicas, solares o biomasa. La central térmica más cercana se encuentra en la ciudad de Cusco.

Así mismo, no existen líneas de transmisiones ni subestaciones existentes adyacentes al área del proyecto. La subestación más cercana es la sub estación Las Bambas ubicada a 36km hacia el sur. Esta subestación es una subestación de 220kV.

3.2 ESTUDIO DEL MERCADO ELÉCTRICO

3.2.1 Situación actual

El Perú cuenta actualmente con un exceso de oferta en la generación de energía proyectada. Es decir, la potencia instalada bruta está calculada con proyectos tanto en ejecución como en próximas puestas de operación comercial. Por tal motivo se afirma que el Perú se encuentra en sobreoferta energética.

Según el informe de operación anual del SEIN, la máxima demanda asciende a 7 017.57 MW durante el año 2019. Sin embargo, la potencia instalada es del orden de 14 734.8 MW según la última edición del Balance Nacional de Energía del 2017. Esto quiere decir la energía ofertada es mayor que la energía demandada. Entonces, debido a este panorama y a la ley de oferta y demanda se espera que los costos tiendan a la baja en el futuro.

Sin embargo, el escenario no solo depende de dicha ley sino de las medidas que planteen los involucrados para que el mercado eléctrico todavía sea interesante para la inversión. Por otro lado, con la puesta en marcha de ciertos proyectos, sobre todo del sector minero, la demanda de energía eléctrica aumentará y entonces la “sobreoferta” desaparecería. Sin embargo, no es el escenario ideal pues la actual producción se encuentra encapsulada en el centro del país que es donde existe la mayor producción y demanda de energía.

Actualmente, la energía producida mediante proyectos hidrológicos representa el 60% del total, seguido de las centrales térmicas de gas natural y finalmente mediante las energías renovables del cual las centrales hidroeléctricas con potencia menor a 20MW representan un aproximado de 4%.

3.2.2 Subastas RER

Las subastas RER son licitaciones públicas reglamentadas dentro del marco legal emitido en 2008. La finalidad de estas subastas es satisfacer la necesidad de cambio de modelo del tipo de generación de energía en el país.

Las subastar RER se llevan a cabo dentro del marco del Decreto Legislativo N° 1002, el cual promueve la inversión para la generación de electricidad con el uso de Recursos Energéticos Renovables (RER), y del Decreto Supremo N° 012-2011-EM (Reglamento de Generación de Electricidad con Energías Renovables) para el suministro de energía al SEIN. Los RER están conformados por energía eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, biomasa y minicentrales hidroeléctricas.

Dentro del D.L. N° 1002 (EP, 2008) se estable un porcentaje objetivo para la energía requerida en MWh/año para cada año. Inicialmente, este porcentaje objetivo se estableció como el 5% del consumo energético nacional total hasta el primero quinquenio, entre las diversas tecnologías RER a excepción de las MCH. La competencia entre las empresas participantes en las subastas se da en función a las ofertas presentadas en términos de precio y cantidad hasta cubrir la energía requerida según la tecnología RER.

Según las estadísticas anuales emitidas por el COES, en el 2012 hubo un incremento de producción eléctrica RER, con respecto a fuentes no renovables, de 84.9%. En contraste, este incremento representó solo el 8.4% en el 2017. Es decir, ha habido una desaceleración en el cambio de la matriz energética del país. A pesar de ello, la participación de los RER ha

incrementado con respecto a años anteriores dentro de la matriz de energía nacional como se muestra en la Ilustración 3-5 (Vega, 2018).

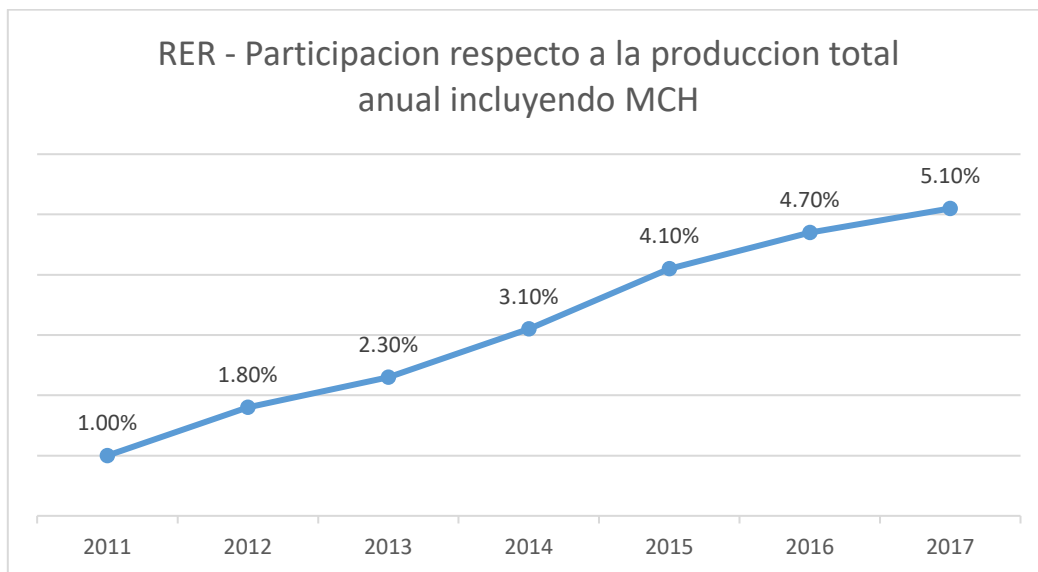


Ilustración 3-5 RER - Participación respecto a la producción total anual (Vega, 2018)

Dentro del DL N°1002, se establece la elaboración de una política energética nacional. Esta política energética nacional fue aprobada por el decreto supremo N° 064-2010-EM, la cual tiene un periodo desde el 2010 hasta el 2040. En este periodo, el Perú debe contar con una matriz energética diversificada y competitiva y que fomente la eficiencia energética. Para el 2040, se proyecta que el uso de recursos energéticos renovables debe de ser de al menos un 20% del consumo energético nacional (Aita, 2016)

3.2.3 Proyección Quinta subasta RER

En este capítulo se realizó una proyección de la energía requerida y de la tarifa máxima de adjudicación. En la Ilustración 3-6 se observan los resultados de las cuatro primeras subastas RER. Estos datos son obtenidos de las actas notariales de adjudicación de las subastas de suministros de electricidad con recursos energéticos renovables que se encuentran en el Osinergmin (OSINERGMIM, 2019). Cabe resaltar en la tercera subasta, habiendo subastado todas las tecnologías RER, solo se adjudicó proyectos de minicentrales hidroeléctricas.

3.2.4 Proyección de Tarifa para la Quinta Subasta RER

La tarifa adjudicación de una obra depende de varios factores que están directamente relacionados con la ejecución de la obra. Se entiende que entre mayor es la tasa de adjudicación, mayor es el costo de construcción de la central y la dificultad de ejecución. La dificultad de ejecución puede variar por diferentes factores, por ejemplo, las vías de acceso, condiciones de trabajo, tamaño de la MCH, ubicación de las obras civiles, etc.

De la Ilustración 3-6 se puede obtener una clara tendencia en el precio medio de adjudicación de los proyectos hidroeléctricos. Una opción para el análisis económico es tomar como referencia el valor medio que es aproximadamente 55 USD/MWh. Sin embargo, este valor no refleja la tasa máxima de adjudicación, ni las condiciones generales que dependen de cada proyecto.

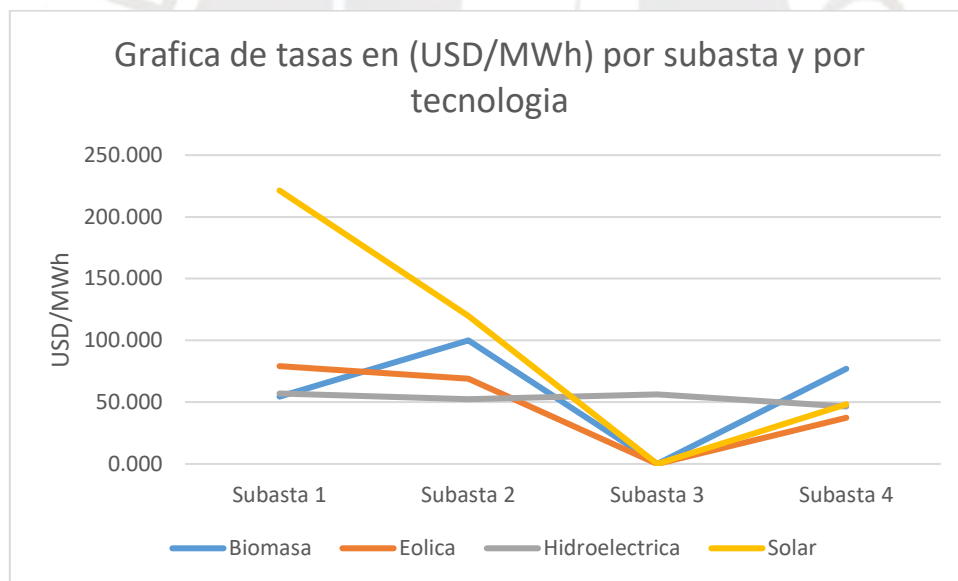


Ilustración 3-6 Grafica de tasas en (USD/MWh) por subasta y por tecnología

En la Ilustración 3-7 se muestra la Distribución normal de Tasas de adjudicación en USD/MWh. A partir de la distribución normal, se asignó en qué percentil se ubica la MCH Palcabamba dependiendo de las condiciones del proyecto. Tomando en consideración la situación actual del mercado eléctrico, la zona de emplazamiento de la central y un valor

competitivo, se estimó un valor aproximado de la tasa de adjudicación para realizar una subasta RER exitosa, la cual asciende a 60 USD/MWh.

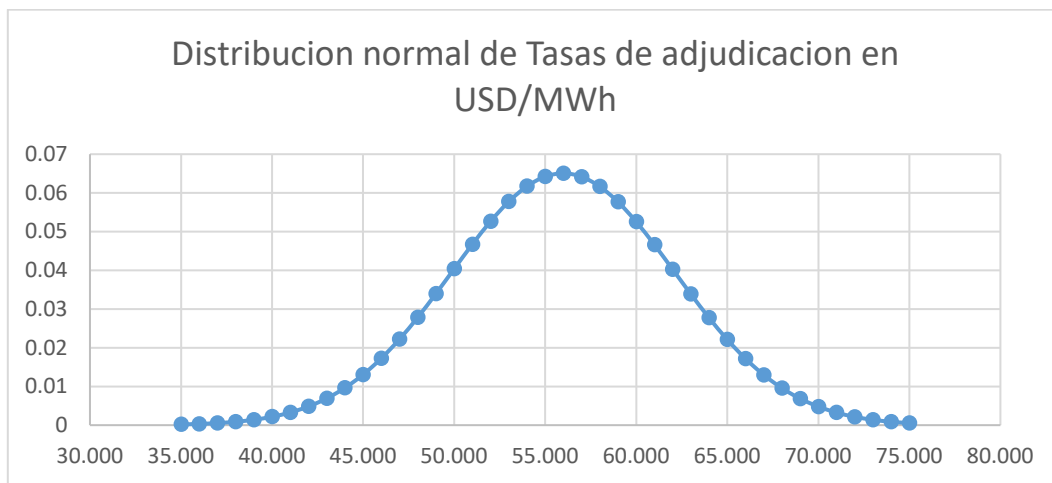


Ilustración 3-7 Distribución normal de Tasas de adjudicación en USD/MWh

3.2.5 Estimación de la energía requerida para la Quinta subasta RER

Según lo descrito anteriormente, el porcentaje objetivo RER es de 5% en el primer quinquenio. A pesar de que ya se cumplió el plazo del primer quinquenio, la realidad es que no se ha suplido más que el 3.4% del consumo nacional de electricidad con energía RER como se muestra en la Ilustración 3-8 (OSINERGMIM, 2014).

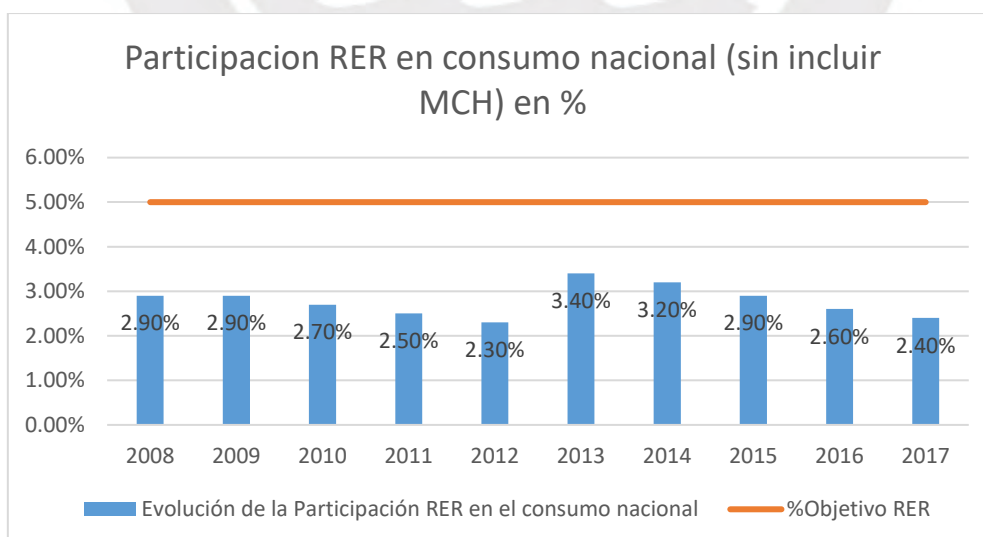


Ilustración 3-8 Evolución de la Participación RER en el consumo nacional (OSINERGMIM, 2014)

En la Ilustración 3-9 se muestra la relación entre energía requerida en GWh de todas las tecnologías RER subastadas (sin incluir MCH) vs la energía requerida de las minicentrales hidroeléctricas. La energía requerida para las centrales hidroeléctricas son aproximadamente el 15% de la energía requerida de las demás tecnologías.

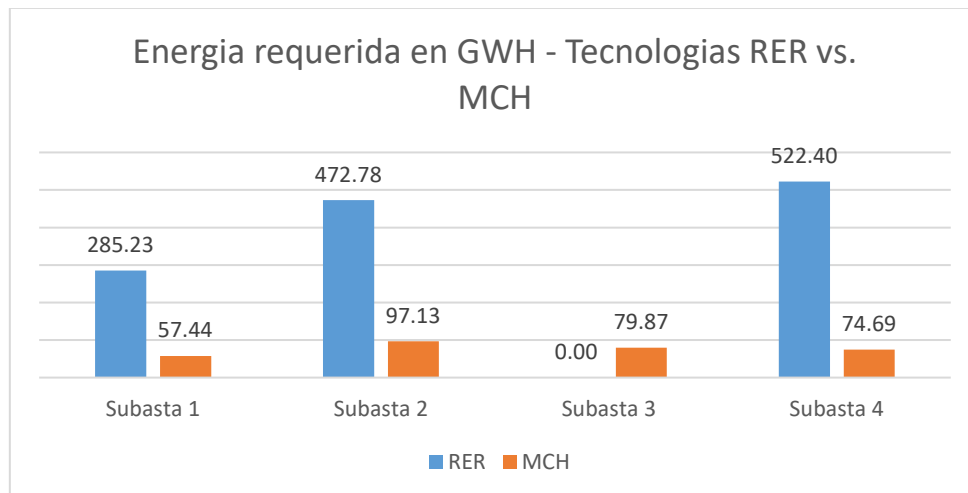


Ilustración 3-9 Energía requerida en GWH - Tecnologías RER vs. MCH

Según el COES, el consumo energético anual nacional para el 2019 de las fuentes RER (sin incluir las MCH) fue de 2659.82 GWh (COES-SINAC, 2019). Sin embargo, las fuentes de energía RER solo representaron un 4.5%. Asumiendo que para el año 2020, la energía RER representa un 4% del consumo anual, se estimó que la energía requerida para centrales hidroeléctricas en una subasta RER es de aproximadamente 106.39 GWh.

3.3 ESTUDIO DE OFERTA HIDROLÓGICA

En este capítulo se determinó la oferta hidrológica de la Quebrada Palcabamba. Para ello, se utilizó datos meteorológicos del SENAMHI con los que se desarrollaron mapas de isoyetas y de esta forma se obtuvo la precipitación media de la cuenca. Luego se determinó la escorrentía superficial o la oferta hidrológica de la Quebrada Palcabamba mediante la Transferencia hidrológica.

3.3.1 Cuenca Hidrográfica

En este capítulo se describe las características generales de la cuenca hidrográfica. La ubicación de la MCH Palcabamba se aproximó basándose en las sugerencias del estudio de atlas nacional de potencial hidroeléctrico de energía del Perú (MINEM, 2011). Así mismo, se realiza un estudio básico de la ecología y fisiografía de la cuenca para determinar el régimen de lluvia. Para describir las características generales de la cuenca se utilizó curvas de nivel a 50 m de cartas nacionales elaboradas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

3.3.1.1 Ubicación Geográfica de la Cuenca

El proyecto está ubicado en la cuenca hidrográfica de Ucayali denominada con el código 499, según la delimitación y codificación de cuencas de la Autoridad Nacional del Agua (Autoridad Nacional del Agua, 2012) y según la clasificación y denominación de cuencas Pfafstetter. A la vez, el proyecto de MCH Palcabamba se encuentra dentro de la subcuenca del Alto Ucayali o también llamado Alto Apurímac con el código 4999. El proyecto MCH Palcabamba se encuentra específicamente en la codificación hidrográfica 49995. El proyecto se encuentra en la Quebrada Palcabamba, la cual está ubicada geográficamente en Apurímac, en la ciudad de Cotabambas.

En la Ilustración 3-10 se muestra la ubicación de la cuenca Ucayali y en la Ilustración 3-11 se muestra en detalle las subdivisiones de la misma cuenca. En la Ilustración 3-12 se muestra en detalle las subdivisiones de la subcuenca del alto Apurímac.

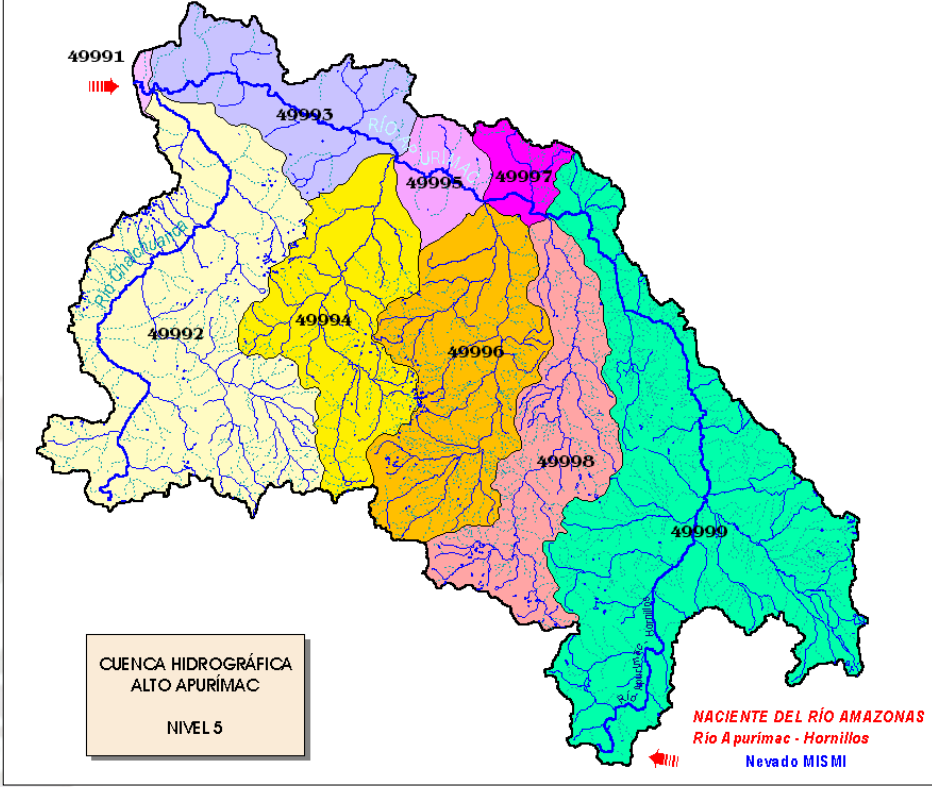
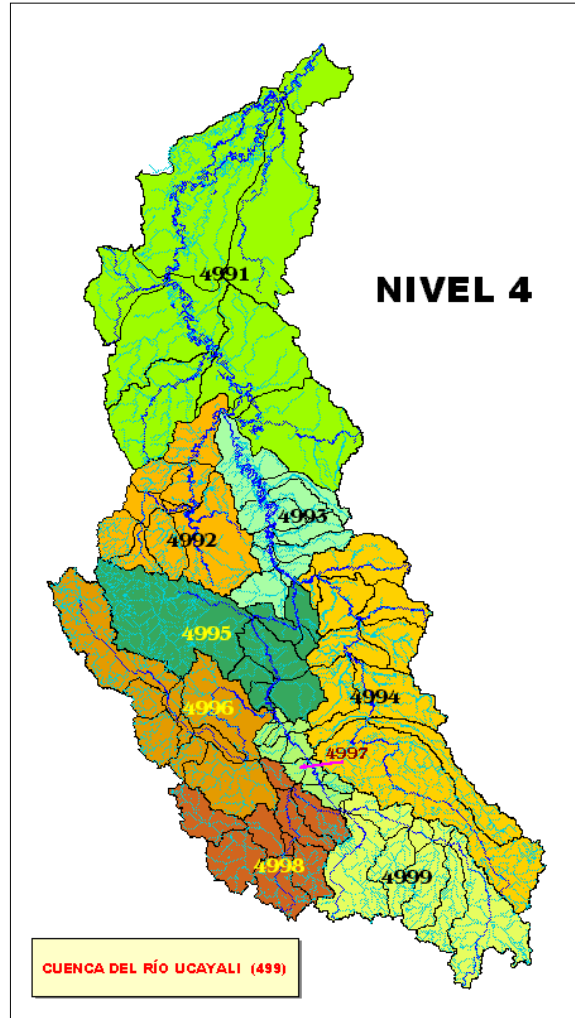
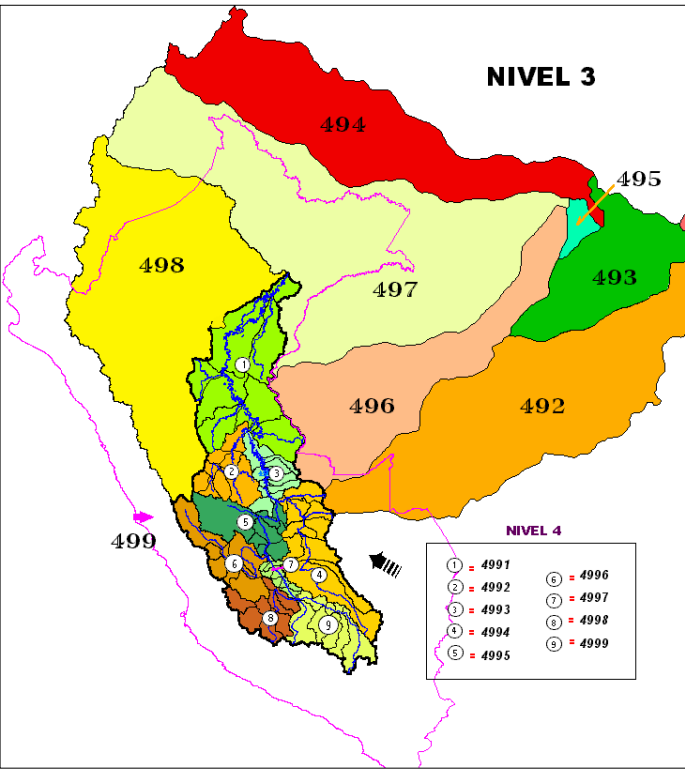


Ilustración 3-10 Cuenca hidrográfica Ucayali (Autoridad Nacional del Agua, 2012)

Ilustración 3-11 Cuenca Ucayali Detallada (Autoridad Nacional del Agua, 2012)

Ilustración 3-12 Detalle de la subcuenca Alto Apurímac (Autoridad Nacional del Agua, 2012)

3.3.1.2 Descripción de la cuenca hidrográfica

Hacia el norte de la quebrada Palcabamba se encuentran las quebradas Culluchaca y Ccalla, mientras que hacia el sur se encuentra la Quebrada Collpa. El agua del río de la Quebrada Palcabamba tiene un flujo hacia el Nor-Oeste. Este es afluente del río Pisonay, la cual es afluente del río Apurímac.

La extensión de la quebrada Palcabamba es de 17.09 km². Por otro lado, la quebrada Palcabamba no presenta nevados ni lagunas cercanas. Finalmente, la temperatura generalmente varía de 1 °C a 21 °C.

3.3.1.3 Delimitación de la cuenca

La delimitación de la cuenca se realizó mediante el software ArcGis v. 10.5. Los datos de entradas fueron obtenidos mediante las cartas nacionales, específicamente para la zona 28-r. Los resultados de la delimitación de cuenca se muestran en la Ilustración 3-13.

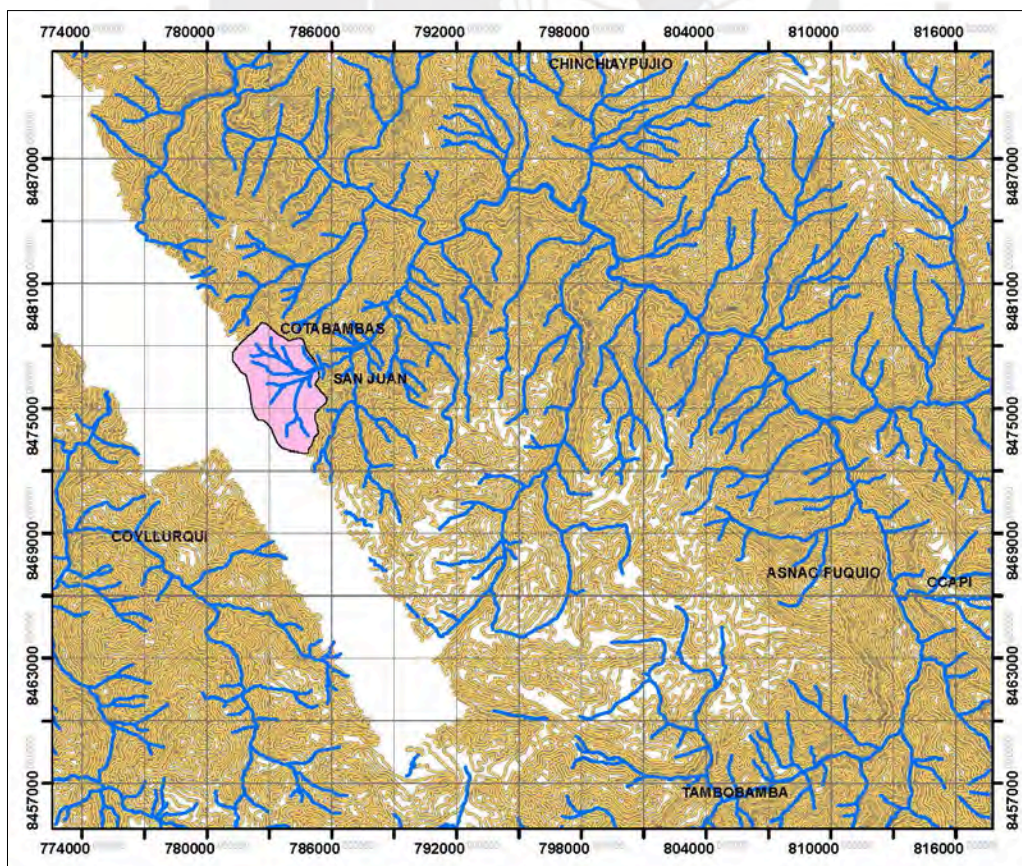


Ilustración 3-13 Delimitación de la quebrada Palcabamba

3.3.1.4 Características Ecológicas y biológicas

La zona de vida en la provincia de Cotabambas es variada ya que estas se dividen según la altitud de la zona, la cual puede variar entre 2500 msnm a 5000 msnm. En el caso del área de estudio, se cuenta con 3 zonas de vida (AMBIDES, 2012) mencionadas a continuación.

- Páramo muy húmedo subalpino subtropical (pmh-SaS). Su ubicación está dentro de los 3900 y 4500 msnm. La temperatura anual máxima es de 5.2 °C y la mínima es de 3 °C. La vegetación de la zona es arbórea. En la zona se mantiene un número menor de ganado debido a la excesiva humedad
- Bosque seco montano bajo subtropical (bs-MBS). Su ubicación está entre los 2500 y 3200 msnm. La temperatura media anual varía entre los 12 °C y los 17 °C. Los cultivos que caracterizan esta zona son el maíz, papa, haba, arveja, trigo, y algunos frutales como la tuna.
- Bosque húmedo montano subtropical (bh-MS). Se ubica entre los 2800 a 3800 msnm. La temperatura media anual varía entre los 6° C y los 12° C. Es un clima frío húmedo. Entre la vegetación más representativa se tiene al aliso (lambras), el capulí, el mutuy, la muña y extensiones de pastos naturales. Las condiciones de humedad permiten el cultivo de secano de plantas autóctonas como maíz, trigo, papa, oca, olluco, mashua, entre otros.

Por otro lado, se registra treinta diferentes especies de flora nativa silvestre, ocho especies de flora cultivada nativa, cuatro floras cultivadas introducidas y una flora exótica. La flora tiene usos medicinales, ornamentales, tintórea, cerco vivo, alimenticia y forrajero (Ramos Ayala & Vilca Arapa, 2011)

Con respecto a la Herpetofauna o también conocidos como anfibios y reptiles, se registraron tres especies y tres familias. Con respecto a los Ornitofaunas o también conocidos como aves,

se encontraron 13 especies y 11 familias. Con respecto a los mamíferos se encontraron 9 especies y 7 familias (Ramos Ayala & Vilca Arapa, 2011).

Cabe resaltar que, dentro de las especies registradas, el Puma Concolor o normalmente conocido como puma de la familia Felidae, el Pseudalopex culpaeus o conocido como Zorro y el Vultur Griphus o conocido como Condor están en la lista de especies protegidas actualizada en el Decreto Supremo 004-2014-MINAGRI.

3.3.1.5 Estudio de fisiografía básica

La fisiografía tiene como principal función reconocer y delimitar la forma de la tierra, así como los componentes que lo conforma. Así mismo, la fisiografía comprende el estudio del funcionamiento de una cuenca y su red de drenaje. El estudio del tipo de suelo de la cuenca permite determinar diferentes factores el diseño de diferentes elementos de la MCH.

Para el estudio, se utilizó las cartas nacionales geológicas, específicamente el 18-r3. Se las unidades litoestratigraficas de la zona en la Ilustración 3-14.

La bocatoma y el desarenador se encuentra en la estratigrafía denominada Qh-A1. Esta se caracteriza por tener un suelo de roca clástica o rocas sedimentarias.

Por otro lado, el canal de conducción se encuentra en las estratigrafías denominados como PN-ta/vcl y PN-cot-be/di. Es decir, en el primer tramo la composición son fragmentos solidos de material volcánico., luego está compuesto por rocas intrusivas de Diorita.

La cámara de carga se encuentra en la estratigrafía denominada PN-cot/gd la cual es una roca ígnea plutónica o llamada Granodiorita. Por otro lado, la casa de máquinas se encuentra en la misma a estratigrafía que el primer tramo del canal, PN-ta/vcl. La tubería forzada se encuentra en ambas estratigrafais mencionadas.

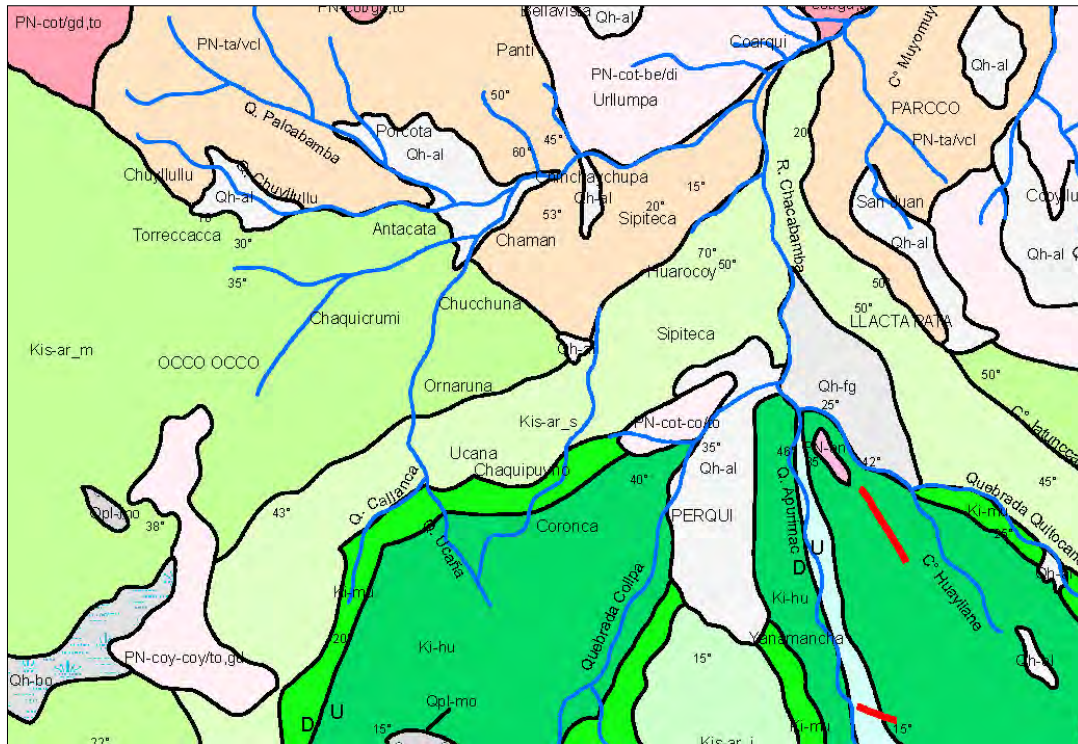


Ilustración 3-14 Unidades Litoestratigraficas de la quebrada Palcabamba

Donde:

- : PN-ta/vcl – Secuencia de tobas lapilli intercalado con secuencias retrabajadas y niveles de ceniza de color gris bruceo
- : PN-cot-be/di -Diorita
- : Kls-ar_s – Secuencias de estratos métricos de calizas micriticas
- : Kls-ar_m – Secuencia de calizas de estratos submétricos intercalados con niveles pelíticos y estratos de calizas micriticas centrimetricas
- : Kls-ar_i – Secuencias de calizas micriticas de estratos submétricos intercalados con niveles esporádicos estratos de dolomita y de aspecto masivo
- : Kl-mu – Hacia la base intercalación de arenas pardo rojizas con limo arenas y lutitas., En la parte media estratos submétricos de arenisca cuarzosa. En la parte superior intercalación de areniscas, limo arcillitas y limo areniscas rojizas.
- : Qh-al – Componente clásticos milimétricos a centimetritos, polimictico.

3.3.2 Estudio de precipitaciones

Debido a que no existe bibliografía pública sobre estudios hidrológicos y balances hídricos de la subcuenca 49995 se utilizaron datos de precipitación de diferentes estaciones pluviométricos proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y estudios de cuencas adyacentes.

3.3.2.1 Información Referencial

En la Tabla 3-1 se muestran las estaciones pluviométricas utilizadas para el estudio hidrológico.

Estas estaciones corresponden a zonas aledañas a la cuenca de estudio, ubicadas entre las provincias de Cusco y Apurímac.

Tabla 3-1 Estaciones Pluviométricas

Nom	Latitud	Longitud	Altitud
Acomayo	13.917	71.684	3160
Carahuasi	13.553	72.735	2763
Cay	13.598	71.697	3110
Ccatcca	13.610	71.560	3729
Colquepata	13.376	71.682	3679
Granja kcayra	13.557	71.875	3219
Paruro	13.763	71.849	3068
Pisac	13.424	71.858	2972
Pomacanchi	14.037	71.571	3679
Chinchayllapa	14.917	0.734	4497
Combapata	14.100	71.433	3465
Livitaca	14.317	71.684	3741
Santo Tomas	14.446	72.094	3658
Sicuani	14.254	71.237	3574

La información base de las precipitaciones contiene días para los cuales no se encuentra registro. Se estimó la información faltante utilizando el Método del Vector Regional. Los resultados completos de este método se encuentran en el Anexo junto con la data histórica pluviométrica de las estaciones utilizadas.

3.3.2.2 Isoyetas de precipitación

Los datos de entrada, para la elaboración de las isoyetas, fueron la cuenca delimitada y los registros de las estaciones pluviométricas. Además de las 14 estaciones presentadas en la Tabla 3-1, se utilizaron 4 estaciones virtuales para facilitar la interpolación de las isoyetas. Las isoyetas se interpolaron utilizando las herramientas de Kriging de ArcGis. En la Ilustración 3-15 se presentan los resultados de las isoyetas para la quebrada Palcabamba multianual para el mes de febrero.

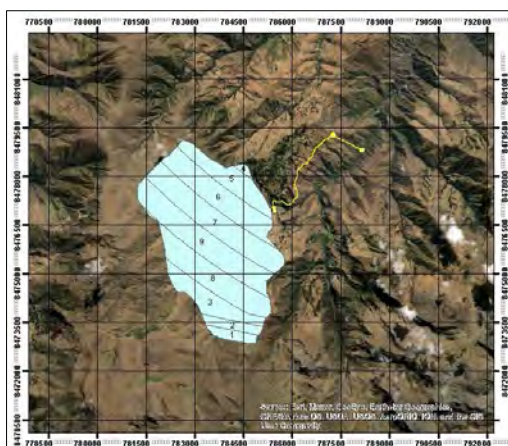


Ilustración 3-15 Isoyetas Multianual para el mes de febrero

3.3.2.3 Precipitación Media de la cuenca

Se realizaron los cálculos de la precipitación media de la cuenca con las curvas de isoyetas y la Ecuación 1. De la misma manera, se realizan el cálculo de la precipitación media de la cuenca para los demás meses. En la Tabla 3-2 se muestran los resultados multianual para todos los meses del año.

Tabla 3-2 Precipitación Media Multianual mensual

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	179	195.8	171.4	45	7.5	4.5	8	13	22.5	54.5	100.9	148.5

3.3.2.4 Distribución Temporal

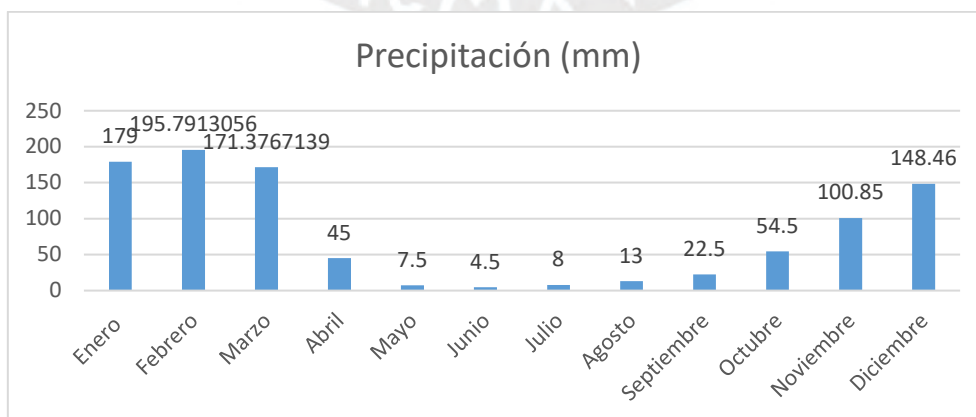


Ilustración 3-16 Distribución temporal de las precipitaciones

La distribución temporal se realizó con los datos de precipitación del SENAHMI desde el año 1964 al 2012. En la Ilustración 3-16 se muestra la distribución mensual multianual de la precipitación media en este periodo de tiempo.

3.3.3 Estudio de escurrimientos superficiales

En este capítulo se aplicó la metodología de transferencia hidrológica para determinar cuál es el caudal aprovechable de la Quebrada Palcabamba. Para ello se utilizó los datos obtenidos en el estudio de precipitaciones.

3.3.3.1 Información Referencial

La información que se utilizó para realizar la transferencia hidrológica es la del Balance Hídrico del río Salado desarrollado por el ministerio de agricultura y riego y la autoridad nacional del agua en el 2014 (Autoridad Nacional del Agua, 2014)

Se utilizo los resultados del balance hídrico de la unidad hidrográfica Huayllumayo. Esta es una unidad hidrográfica independiente de la subcuenca del rio Salado. Su clasificación de acuerdo a la codificación de la ANA corresponde al código 4999994. Además, esta pertenece a la cuenca del Alto Apurímac.

Tabla 3-3 Parámetros de superficie para cuencas Huayllumayo y Palcabamba

Descripción	Und	Huayllumayo	Palcabamba
Área	km ²	143.66	17.09
Perímetro de la cuenca	km	75.50	17.47
Altura máxima de cuenca	msnm	4989	4353
Altura mínima de cuenca	msnm	3875	3250
Altitud media de cuenca	msnm	4328	3847
Pendiente promedio de la cuenca	%	25.95	34.32
Longitud del curso principal	(km)	30.04	3.97

En la Tabla 3-3 se presenta los principales parámetros de las cuencas Huayllumayo y Palcabamba. A partir de esta comparación se determinó que las condiciones meteorológicas

son similares. Por lo expuesto anteriormente, el uso de la cuenca Huayllumayo es apta para realizar la transferencia hidrológica.

Por otro lado, se presentan las precipitaciones medias y los caudales, en m³/s, de la cuenca Huayllumayo en las Tabla 3-4 y Tabla 3-5 respectivamente.

Tabla 3-4 Precipitación Media multianual mensual de la cuenca Huayllumayo

Mes	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Total
Pm	17.01	40.12	60.27	114.4	179.2	174	138	63.4	13.54	4.24	2.36	7.75	814.2

Tabla 3-5 Caudal medio de la cuenca Huayllumayo

Mes	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Total
Caudal	0.34	0.41	0.64	1.34	2.65	3.51	2.88	1.77	0.96	0.6	0.4	0.34	814.2

3.3.3.2 Transferencia Hidrológica

Con la información referencial de la cuenca Huayllumayo y con los datos de precipitación obtenidos de la cuenca Palcabamba, así como las área de ambas cuencas mostradas en la Tabla 3-6, se procedió a realizar la transferencia hidrológica para los diferentes meses del año utilizando la Ecuación 2.

Tabla 3-6 Área de las cuencas Palcabamba y Huayllumayo

Cuenca	Área (km ²)
Palcabamba	17.088
Huayllumayo	143.66

Se muestran los resultados de la transferencia hidrológica para los caudales medios de la cuenca Palcabamba en la Tabla 3-7.

Tabla 3-7 Oferta Hidrológica de la quebrada Palcabamba

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1964	0.29	0.31	0.26	0.19	0.12	0.08	0.05	0.05	0.06	0.05	0.09	0.13
1965	0.28	0.46	0.33	0.20	0.12	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.21
1966	0.29	0.49	0.52	0.28	0.18	0.11	0.07	0.05	0.04	0.06	0.07	0.11
1967	0.30	0.50	0.43	0.26	0.16	0.10	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06	0.22
1968	0.47	0.53	0.44	0.24	0.14	0.08	0.06	0.05	0.05	0.05	0.12	0.10
1969	0.35	0.43	0.41	0.24	0.14	0.09	0.05	0.05	0.05	0.06	0.13	0.11

1970	0.34	0.47	0.31	0.17	0.11	0.07	0.05	0.04	0.05	0.06	0.06	0.26
1971	0.32	0.48	0.43	0.26	0.15	0.09	0.06	0.04	0.04	0.05	0.06	0.22
1972	0.59	0.55	0.40	0.26	0.15	0.09	0.06	0.05	0.05	0.06	0.08	0.17
1973	0.38	0.46	0.46	0.30	0.17	0.10	0.07	0.06	0.05	0.05	0.08	0.19
1974	0.46	0.63	0.31	0.21	0.12	0.08	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.09
1975	0.34	0.50	0.50	0.29	0.30	0.16	0.09	0.06	0.05	0.07	0.07	0.32
1976	0.38	0.55	0.54	0.31	0.17	0.11	0.06	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06
1977	0.14	0.52	0.43	0.23	0.13	0.08	0.06	0.05	0.05	0.05	0.23	0.21
1978	0.34	0.23	0.29	0.19	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.07	0.11	0.24
1979	0.26	0.23	0.35	0.19	0.11	0.08	0.05	0.05	0.06	0.08	0.08	0.13
1980	0.41	0.59	0.45	0.29	0.17	0.10	0.06	0.06	0.05	0.06	0.08	0.25
1981	0.42	0.30	0.21	0.17	0.10	0.07	0.05	0.04	0.10	0.11	0.32	0.20
1982	0.24	0.39	0.47	0.31	0.17	0.10	0.06	0.05	0.06	0.06	0.05	0.21
1983	0.35	0.68	0.52	0.28	0.16	0.09	0.06	0.06	0.05	0.09	0.20	0.29
1984	0.20	0.41	0.30	0.23	0.13	0.09	0.06	0.05	0.05	0.05	0.10	0.15
1985	0.26	0.42	0.45	0.29	0.16	0.09	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.16
1986	0.66	0.37	0.20	0.13	0.09	0.08	0.07	0.06	0.07	0.07	0.09	0.14
1987	0.65	0.59	0.48	0.28	0.16	0.10	0.06	0.05	0.04	0.05	0.05	0.18
1988	0.33	0.44	0.49	0.30	0.17	0.10	0.06	0.05	0.04	0.05	0.06	0.11
1989	0.39	0.32	0.27	0.20	0.11	0.08	0.06	0.05	0.05	0.11	0.12	0.26
1990	0.27	0.30	0.15	0.11	0.08	0.07	0.06	0.04	0.07	0.06	0.07	0.10
1991	0.28	0.43	0.34	0.20	0.12	0.07	0.05	0.06	0.05	0.06	0.09	0.08
1992	0.53	0.38	0.34	0.28	0.15	0.09	0.06	0.05	0.05	0.10	0.34	0.37
1993	0.49	0.66	0.52	0.29	0.17	0.10	0.07	0.05	0.05	0.05	0.08	0.13
1994	0.34	0.42	0.51	0.31	0.17	0.10	0.06	0.05	0.05	0.06	0.07	0.19
1995	0.36	0.48	0.31	0.26	0.15	0.09	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.13
1996	0.48	0.61	0.40	0.24	0.14	0.09	0.06	0.05	0.06	0.06	0.11	0.18
1997	0.40	0.47	0.28	0.16	0.10	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.07	0.08
1998	0.24	0.57	0.53	0.39	0.21	0.13	0.07	0.05	0.06	0.07	0.07	0.27
1999	0.41	0.52	0.50	0.27	0.15	0.10	0.06	0.06	0.05	0.09	0.08	0.30
2000	0.64	0.79	0.77	0.47	0.26	0.14	0.08	0.06	0.05	0.05	0.06	0.09
2001	0.17	0.73	0.56	0.32	0.18	0.11	0.08	0.06	0.06	0.07	0.10	0.24
2002	0.41	0.61	0.52	0.28	0.16	0.09	0.06	0.05	0.06	0.05	0.08	0.20
2003	0.40	0.51	0.30	0.18	0.11	0.07	0.05	0.05	0.05	0.06	0.07	0.13
2004	0.19	0.34	0.29	0.18	0.11	0.08	0.06	0.04	0.04	0.06	0.06	0.29
2005	0.71	0.54	0.44	0.25	0.14	0.09	0.06	0.06	0.05	0.06	0.09	0.18
2006	0.26	0.33	0.27	0.17	0.11	0.08	0.06	0.05	0.05	0.06	0.07	0.15
2007	0.34	0.31	0.19	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.06	0.05	0.13
2008	0.16	0.40	0.28	0.17	0.10	0.07	0.05	0.05	0.04	0.05	0.31	0.28
2009	0.42	0.52	0.36	0.20	0.12	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.06	0.34
2010	0.33	0.65	0.46	0.28	0.16	0.10	0.06	0.05	0.06	0.05	0.09	0.23
2011	0.33	0.65	0.46	0.28	0.16	0.10	0.06	0.05	0.06	0.05	0.09	0.23
2012	0.40	0.73	0.55	0.33	0.18	0.11	0.07	0.05	0.05	0.06	0.08	0.25

3.3.4 Curva de duración

La curva de duración se halló a partir de los datos obtenidos de la transferencia hidrológica. Para ello, se acumuló los caudales según su persistencia en un intervalo definido. Se presenta la curva de duración mensual multi anual y la curva de duración segregada por meses en la Ilustración 3-17 y la Ilustración 3-18 respectivamente.

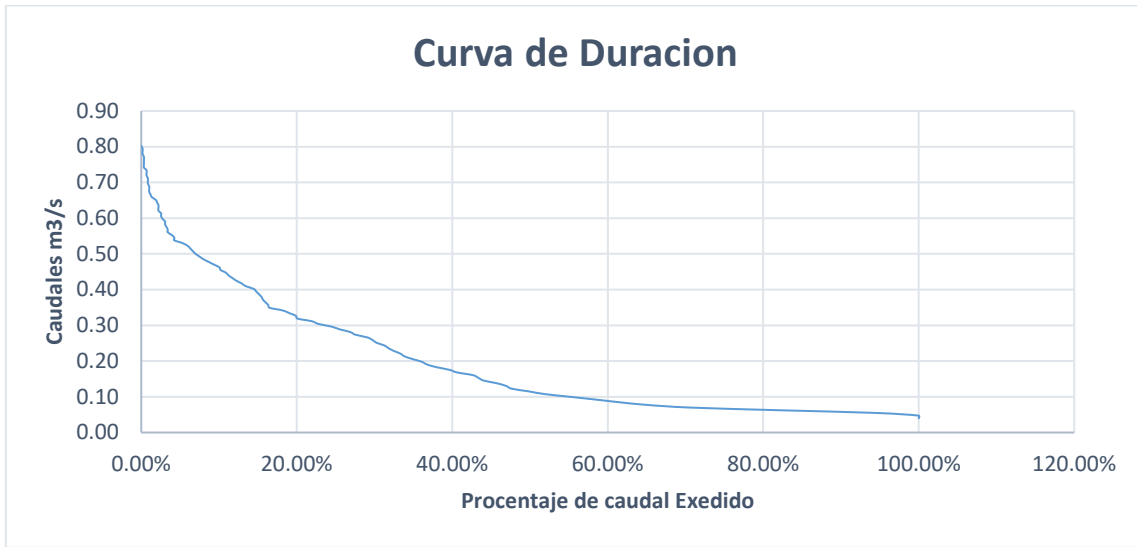


Ilustración 3-17 Curva de duración Multianual

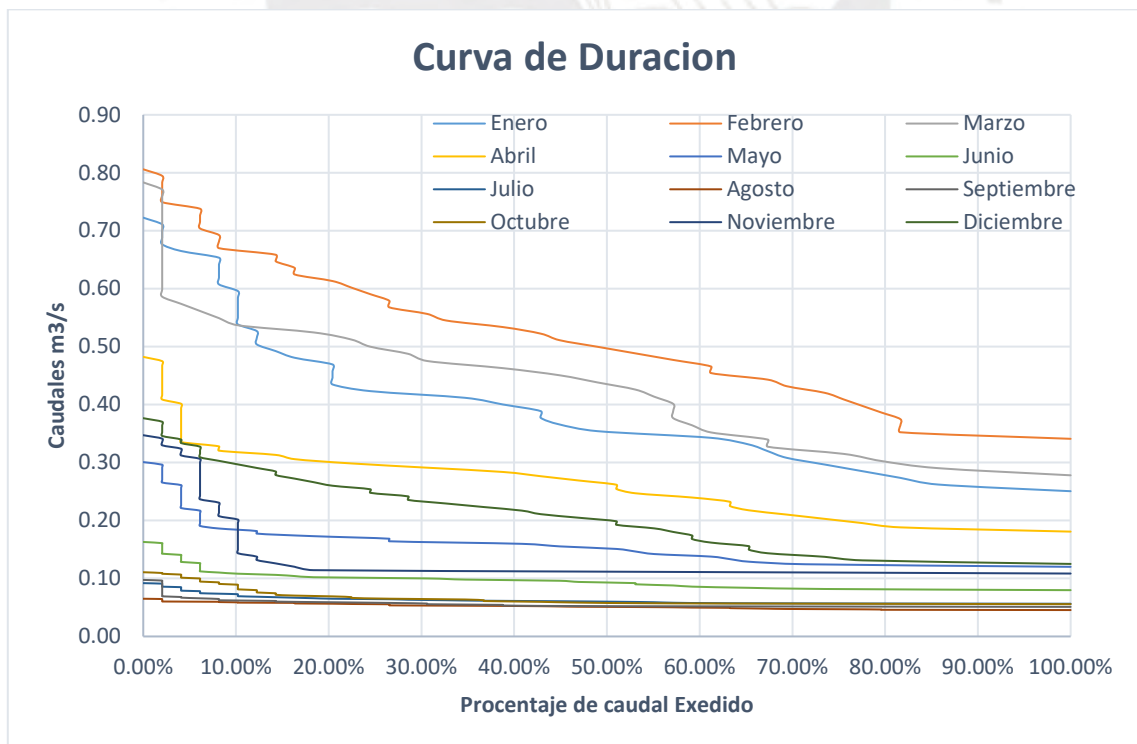


Ilustración 3-18 Curva de duración Mensual

La curva de duración es útil como referencia para determinar diferentes factores para el diseño de la MCH. Se muestra que para un PE60%, se obtuvo un caudal de aproximadamente 0.09 m³/s. Sin embargo, al tener meses de estiaje y no contar con embalse o reservorio, se analizó una curva de duración segregada por meses.

A diferencia de la curva de duración multianual, en la curva de duración mensual para un PE60% se obtuvo valores en el rango de 0.08-0.48 m³/s. Este gráfico permite determinar de forma más eficiente, mediante el factor de planta, la efectividad del caudal de diseño que se elija.

3.3.5 Caudal Ecológico

A partir de los resultados obtenidos del análisis de datos de caudales, se agruparon los caudales medios mensuales en un mínimo de 20 años en columnas como se indica en el Anexo 3 de la RJ-154. En el caso de estudio, el rango de la precipitación media mensual es desde el 1964 hasta el 2012.

Con los datos de precipitación media mensual se halló el 95% de persistencia de la curva de duración. En las Tabla 3-8 se muestran los resultados del caudal ecológico.

Tabla 3-8 Caudal Ecológico en m³/s

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Caudal P95	0.16	0.27	0.19	0.12	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.08

3.3.6 Máximas Avenidas

A partir de los caudales obtenidos para la cuenca Palcabamba, se procedió a hallar los caudales máximos para el periodo 1964 – 2012. Se muestran los caudales máximos la Tabla 3-9. Luego, se procedió a ajustar la data con las distribuciones mencionadas en el marco referencial. Se muestran los resultados, a partir del software HIDROESTA, para la distribución Normal en la Ilustración 3-19.

Tabla 3-9 Caudales Máximos en m³/s

Año	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Q _{max}	0.31	0.47	0.52	0.50	0.53	0.43	0.47	0.49	0.59	0.46	0.63	0.50	0.55	0.52	0.34	0.35	0.60
Año	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	
Q _{max}	0.42	0.47	0.68	0.41	0.45	0.67	0.65	0.49	0.39	0.31	0.43	0.53	0.66	0.51	0.48	0.61	
Año	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Q _{max}	0.48	0.58	0.52	0.80	0.73	0.61	0.51	0.34	0.71	0.33	0.34	0.40	0.52	0.65	0.65	0.73	

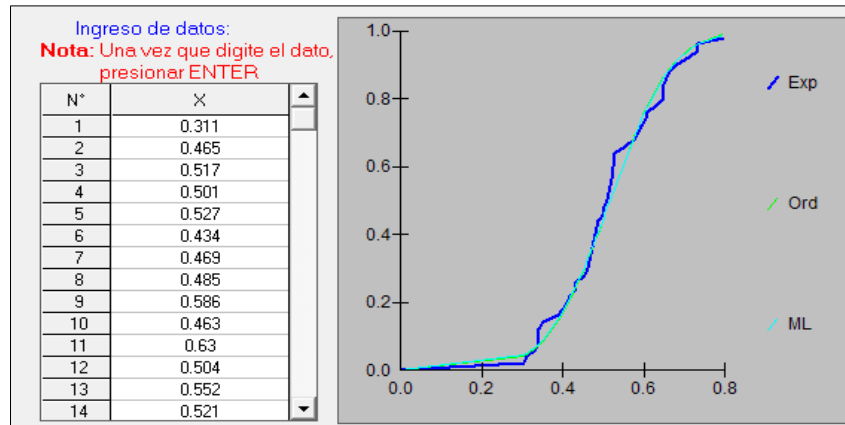


Ilustración 3-19 Ajuste de datos según distribución normal (elaboración propia)

En la Tabla 3-10 se muestran los resultados para las distribuciones mencionadas. Cabe resaltar que se utilizó un periodo de retorno de 100 años. Por otro lado, se descartó las distribuciones Normal, Gumbel y LogGumbel y LogPearson pues contaron con un delta teórico alto lo que significó un ajuste bajo o que en su defecto no se ajustaron. Finalmente, se escogió la distribución Log Normal con 2 parámetros pues fue una de las distribuciones con delta teórico más bajo, es decir, con mejor ajuste.

Tabla 3-10 Caudal máximo, delta teórico y tabular para varias distribuciones

Distribución	Q _{max} (T)	Δ _{teórico}	Δ _{tabular}
Normal	0.8	0.105	0.1743
LN2P	0.88	0.0714	0.1743
LN3P	0.84	0.0729	0.1743
GAMMA 2P	0.84	0.0742	0.1743
GAMMA 3P	0.82	0.090	0.1743
GUMBEL	0.9	0.101	0.1743
LOG GUMBEL	1.07	0.121	0.1743

Tabla 3-11 Datos de entrada

Variable	Cantidad	Unidad
Q =	0.88	m ³ /s
L =	10.45	m
g =	9.81	m/s ²

Tabla 3-12 Hqmax sobre cresta

<i>Variable</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>
<i>Hqmax =</i>	0.12	m

Entonces, el caudal máximo para un periodo de retorno de 100 años fue de 0.88 m³/s. Finalmente, se procedió a emplear la Ecuación 3. Se obtuvo un incremento del tirante en 12 cm por encima de la cresta del azud.

3.4 ESTUDIO DEL POTENCIAL HIDROELECTRICO

En este capítulo se define el caudal instalado, la capacidad de la central, y la producción de energía del proyecto mediante el aprovechamiento de la oferta hidrológica.

3.4.1 Caudal de Diseño

Para el cálculo base del caudal de diseño, se halla la persistencia al 60% del promedio del caudal mensual según los datos hidrológicos de precipitación. La metodología para hallar la persistencia de los caudales medios mensuales de la cuenca es la misma que se utiliza para hallar el caudal ecológico.

En la Tabla 3-13 se detallan los resultados del caudal medio mensual con una persistencia al 60% o lo equivalente al percentil 40%.

Tabla 3-13 Caudales con persistencia al 60%

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Caudal P60	0.33	0.46	0.35	0.23	0.13	0.08	0.06	0.05	0.05	0.06	0.07	0.16

3.4.1.1 Cálculo del Salto Neto

El cálculo del salto neto se realizó con la fórmula de Darcy para calcular las pérdidas por presión según el material en la tubería con la Ecuación 44. El resultado es de 14.83 metros. Es decir que el salto neto es de aproximadamente 535 metros.

Tabla 3-14 Datos para el cálculo del Salto Neto

Q =	0.16	m³/s
L tub forz =	1123	m
D tub.forz =	0.3	m
K tub forz =	0.00006	m
f =	0.0152	
hf tub forz =	14.83	m

3.4.2 Análisis de caudales

Para la selección del caudal de diseño se evaluó las diferentes restricciones de cada caudal hallados en la Tabla 3-13. En la Tabla 3-15 se muestran la potencia en MW y la energía producida anual en GW-h, así como el factor de planta. La potencia se halló con el salto neto y con la Ecuación 6.

Tabla 3-15 Potencia y Em de los caudales P60

Mes	Qd (m³/s)	P (MW)	Em (GW-h)	FP
Enero	0.33	1.47	9.79	0.76
Febrero	0.46	2.02	14.09	0.80
Marzo	0.35	1.54	10.48	0.78
Abril	0.23	1.01	6.98	0.79
Mayo	0.13	0.59	4.27	0.83
Junio	0.08	0.37	2.85	0.88
Julio	0.06	0.25	2.05	0.93
Agosto	0.05	0.22	1.76	0.93
Septiembre	0.05	0.21	1.74	0.92
Octubre	0.06	0.24	1.93	0.90
Noviembre	0.07	0.31	2.40	0.89
Diciembre	0.16	0.70	4.68	0.76

Ninguna de las potencias mostradas en la Tabla 3-15 superan los 20 MW, cumpliendo así el criterio de una MCH. Por otro lado, se pretende buscar un diseño óptimo con un factor de planta elevado, como indica ITDG (Coz, 1995).

Así mismo, se analizó la rentabilidad del proyecto con relación a la capacidad de la MCH. Se halló la inversión económica con la Ecuación 7. Se presenta en la Tabla 3-16 la inversión, los ingresos y la rentabilidad del proyecto para el caudal P60 de cada mes.

Según los criterios descritos, se definió la potencia de la central a 0.70 MW y el caudal de diseño de 0.16 m³/s. Sin embargo, se debe observar el balance hídrico para saber realmente en que periodos del año se espera vender esta misma potencia.

Tabla 3-16 Rentabilidad del Proyecto

Mes	Qd m ³ /s	Inversión	Ingresos	Rentabilidad
Enero	0.33	2.52	4.73	2.21
Febrero	0.46	3.48	6.81	3.33
Marzo	0.35	2.65	5.06	2.41
Abril	0.23	1.73	3.37	1.64
Mayo	0.13	1.00	2.06	1.06
Junio	0.08	0.62	1.38	0.75
Julio	0.06	0.43	0.99	0.57
Agosto	0.05	0.37	0.85	0.49
Septiembre	0.05	0.36	0.84	0.48
Octubre	0.06	0.41	0.93	0.52
Noviembre	0.07	0.53	1.16	0.63
Diciembre	0.16	1.20	2.26	1.06

3.4.3 Caudal turbinable

En la Tabla 3-17 se presentan los resultados de los caudales turbinables para el periodo 1964-2012. Se observa que la persistencia de estos caudales reales turbinables son en realidad los caudales disponibles para la cuenca Palcabamba. Esto se puede ver con mayor claridad en la Tabla 3-18 del Balance hídrico.

Tabla 3-17 Caudal Turbinable en m³/s

AÑO	EN	FE	MA	AB	MA	JU	JU	AG	SE	OC	NO	DIC
	E	B	R	R	Y	N	L	O	T	T	V	
1964	0.12	0.00	0.07	0.06	0.04	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.04	0.05
1965	0.11	0.20	0.14	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.13
1966	0.13	0.23	0.33	0.16	0.09	0.04	0.02	0.01	0.00	0.02	0.02	0.03
1967	0.14	0.23	0.23	0.14	0.07	0.03	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.14
1968	0.30	0.26	0.25	0.11	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.07	0.03
1969	0.18	0.17	0.22	0.12	0.06	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.07	0.03
1970	0.17	0.20	0.11	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.16
1971	0.15	0.22	0.24	0.14	0.07	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.14
1972	0.33	0.28	0.21	0.14	0.07	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.09
1973	0.22	0.19	0.27	0.18	0.08	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.03	0.12

1974	0.30	0.36	0.12	0.09	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
1975	0.18	0.23	0.31	0.17	0.13	0.08	0.04	0.02	0.01	0.02	0.01	0.16
1976	0.22	0.28	0.35	0.18	0.09	0.04	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00
1977	0.00	0.25	0.24	0.11	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.07	0.14
1978	0.17	0.00	0.10	0.07	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.06	0.16
1979	0.10	0.00	0.16	0.07	0.03	0.01	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.06
1980	0.24	0.33	0.25	0.17	0.08	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03	0.16
1981	0.25	0.00	0.00	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.05	0.06	0.07	0.13
1982	0.07	0.12	0.28	0.18	0.08	0.03	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.14
1983	0.19	0.42	0.33	0.15	0.08	0.02	0.01	0.02	0.01	0.04	0.07	0.16
1984	0.04	0.14	0.11	0.11	0.05	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	0.08
1985	0.09	0.15	0.26	0.16	0.07	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.08
1986	0.33	0.11	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.04	0.07
1987	0.33	0.32	0.29	0.15	0.08	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
1988	0.17	0.17	0.29	0.17	0.08	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03
1989	0.22	0.05	0.08	0.07	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.06	0.07	0.16
1990	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02
1991	0.12	0.17	0.15	0.08	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.04	0.00
1992	0.33	0.11	0.14	0.16	0.07	0.02	0.01	0.01	0.01	0.05	0.07	0.16
1993	0.33	0.39	0.33	0.17	0.09	0.04	0.02	0.01	0.01	0.00	0.03	0.05
1994	0.17	0.15	0.32	0.18	0.09	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.12
1995	0.19	0.21	0.12	0.13	0.07	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.06
1996	0.31	0.34	0.21	0.11	0.05	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.05	0.11
1997	0.24	0.21	0.09	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00
1998	0.08	0.31	0.33	0.23	0.13	0.06	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.16
1999	0.25	0.26	0.30	0.15	0.07	0.03	0.02	0.01	0.01	0.05	0.02	0.16
2000	0.33	0.46	0.35	0.23	0.13	0.07	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
2001	0.00	0.46	0.35	0.20	0.10	0.04	0.03	0.01	0.02	0.03	0.05	0.16
2002	0.24	0.34	0.33	0.16	0.07	0.03	0.01	0.01	0.02	0.00	0.03	0.12
2003	0.23	0.25	0.11	0.06	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05
2004	0.00	0.07	0.10	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.16
2005	0.33	0.28	0.25	0.12	0.06	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.10
2006	0.10	0.07	0.07	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.07
2007	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05
2008	0.00	0.13	0.09	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.16
2009	0.25	0.26	0.17	0.08	0.04	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.16
2010	0.17	0.38	0.27	0.16	0.08	0.03	0.01	0.01	0.02	0.00	0.04	0.15
2011	0.17	0.38	0.27	0.16	0.08	0.03	0.01	0.01	0.02	0.00	0.04	0.15
2012	0.24	0.46	0.35	0.20	0.10	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.16

3.4.4 Factor de planta

Para el cálculo del factor de planta se tuvo en cuenta la Ecuación 11, en la que se debe determinar la energía usada y la energía disponible. La energía disponible es la energía total de

la MCH en los 12 meses del año, es decir la potencia de la central en 8760 horas. La energía usada se halla mediante la curva de duración, según la persistencia correspondiente a la potencia de la MCH.

El factor de planta para este proyecto se calculó teniendo como base la persistencia de caudal de 60% y sumándole el caudal mínimo para cada mes. Es decir, en el intervalo de tiempo se tiene un 100% del PE60 y se calculó la relación del caudal disponible del PE40. Los resultados se observan en la Tabla 3-15.

3.4.5 Balance Hídrico

Se elaboró el balance hídrico tomando en consideración los caudales medios anuales de la cuenca según la Tabla 3-7. Para la oferta hídrica se tomó en cuenta la persistencia mensual de 60% pues es lo que se espera obtener anualmente. Por otro lado, el caudal disponible es la resta entre la oferta hídrica y el caudal ecológico. Cabe resaltar que el caudal disponible fue verificado con la persistencia al 60% de los caudales turbinables según la Tabla 3-17. Los resultados se presentan a continuación en la Tabla 3-18.

Tabla 3-18 Balance Hídrico de caudales

Descripción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Caudal ecológico	0.16	0.27	0.19	0.12	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.08
Oferta hídrica	0.33	0.46	0.35	0.23	0.13	0.08	0.06	0.05	0.05	0.06	0.07	0.16
Caudal disponible	0.17	0.19	0.16	0.11	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.08
Caudal instalado	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Caudal Palcabamba	0.16	0.16	0.16	0.11	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.08

Se observó que los caudales son variables. Por ende, se tendrán en cuenta los caudales realmente captados mensualmente para la venta de energía. En consecuencia, se venderán la potencia de 0.70 MW en época de avenida y la potencia de 0.43MW en los demás meses. Esta última potencia pertenece a un promedio de oferta hídrica para los meses en los que no se puede tomar el caudal instalado. Esta información es necesaria para el cálculo de energía y posterior venta.

Capítulo 4: ANALISIS SOCIO – AMBIENTAL

4.1 AREA DE INFLUENCIA

La MCH se encuentra en el límite de las regiones de Apurímac y Cusco. Sin embargo, debido a la envergadura de la central, la cual es una central de paso y tiene un caudal instalado de 0.16 m³/s, no se abarca ambas regiones. Por otro lado, se utilizó las estadísticas de las regiones del censo nacional del 2017 (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018).

4.1.1 Área de influencia directa

El área de influencia directa corresponde al área de emplazamiento de la MCH. En la Ilustración 4-1 se muestra un mapa indicando el AID de la MCH la tiene un área de aproximadamente 30 hectáreas. Además, existen 2 centros poblados que son influenciados por el AID. En la Tabla 4-1 se muestran los poblados influenciados.

Tabla 4-1 Centros Poblados AID

Poblado	Longitud	Latitud	Altitud	Población	Vivienda
CABALLO PATA	-72.3456417	-13.7467617	3224.30	10	26
QOHUARQUI	-72.3496600	-13.7562100	3049.90	5	26

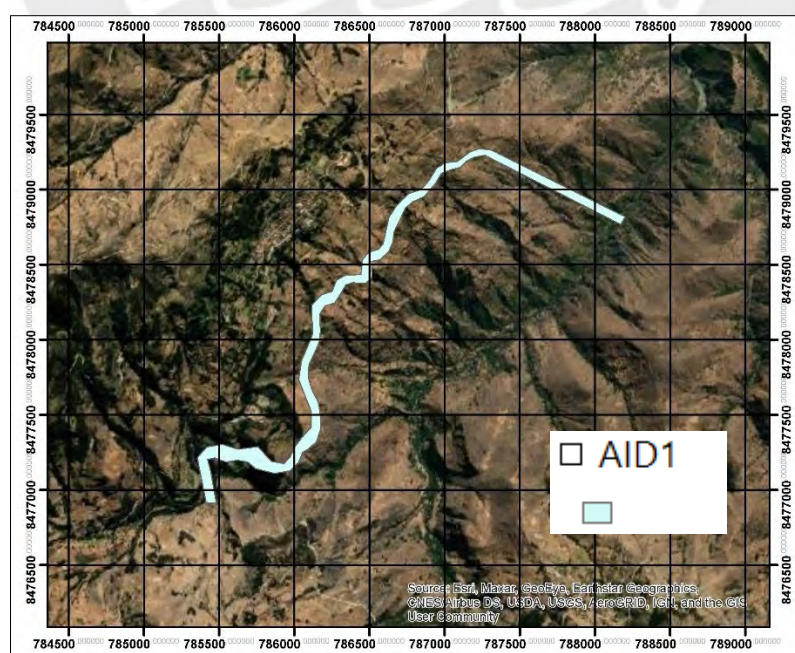


Ilustración 4-1 Área de influencia directa

Otra influencia directa de la MCH son los cruces de caminos existentes con la construcción del canal, las cuales se muestra en capítulo de Accesos a la Zona. Estos caminos y trochas deberán ser considerados para ser desviados en caso sea necesario.

4.1.2 Área de influencia indirecta

Para la delimitación del área de influencia indirecta, se consideró los accesos principales hacia la MCH desde los centros poblados. Se muestra en la Ilustración 4-2 un mapa con la ubicación de los centros poblados dentro de la cuenca de estudio. En la Tabla 4-2 se muestra un listado de todos los centros poblados dentro de la zona de influencia indirecta.

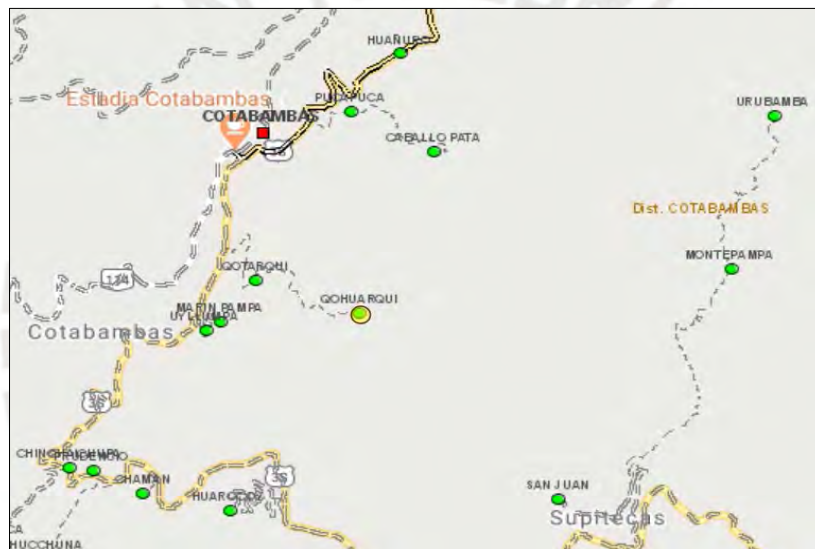


Ilustración 4-2 Área de influencia Indirecta, centros poblados (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2020)

Tabla 4-2 Lista de Centros Poblados en AII

Poblado	Longitud	Latitud	Altitud	Población	Vivienda
HUAÑURO	-72.3474950	-13.7409967	3246.60	14	32
PUCAPUCA	-72.3501250	-13.7444167	3392.70	28	32
COTABAMBAS	-72.3549239	-13.7455660	3557.00	2522	2775
QOTARQUI	-72.3552367	-13.7542950	3197.80	17	26
MARIN PAMPA	-72.3571283	-13.7567133	3357.90	3	6
UYLLUMPA	-72.3579183	-13.7572283	3391.60	230	11
CHINCHAICHUPA	-72.3652950	-13.7652067	3327.00	58	63
PRUDENCIO	-72.3640467	-13.7653983	3358.40	12	42
CHAMAN	-72.3613333	-13.7667533	3482.70	76	83
HUARCCOY	-72.3566417	-13.7676867	3605.30	127	447

4.2 DESCRIPCION DEL PROYECTO

4.2.1 Descripción de Obras principales y secundarias

Como parte de las obras secundarias o provisionales se contará con un nuevo acceso, desde la cámara de carga hacia la casa de máquinas, de aproximadamente 2km con una pendiente cercana a 7%. Además, se implementarán campamentos para la estancia de los trabajadores durante la ejecución de la obra. Por otra parte, se considera canteras en el lecho del río Apurímac. El material excedente de las obras deberá ser acopiado en una superficie libre aguas abajo de la central. Finalmente, las descripciones de las principales obras civiles se pueden encontrar en el capítulo de diseño preliminar.

4.2.2 Procesos o Secuencia de trabajos

Los procesos o secuencia de trabajo para la etapa de construcción, operación y abandono son los siguientes:

Tabla 4-3 Secuencia de trabajo en diferentes etapas del proyecto

CONSTRUCCION	OPERACION	ABANDONO
1. Tránsito de vehículos livianos y pesados	13. Controlar los parámetros de operación de la central hidroeléctrica.	19. Cese de energía y desconexión.
2. Habilitación y operación de campamentos.	14. Realizar las maniobras de arranque, parada, variación de carga, respuesta a anomalías.	20. Desmontaje y demolición de obras civiles y electromecánicas.
3. Desbroce y limpieza del terreno.	15. Pruebas periódicas y la inhabilitación de equipos	21. Tapiado y sellado de portales.
4. Movimiento de tierra. Nivelación y estabilización del terreno.	16. Vigilancia.	22. Tránsito de vehículos livianos y pesados.
5. Habilitación y operación de los accesos temporales y permanentes.	17. Mantenimiento preventivo y Trabajos de mantenimiento a los principales componentes.	23. Disposición de residuos sólidos y líquidos.
6. Disposición temporal de material excedente.	18. Mantenimiento correctivo	24. Restauración y revegetación de las áreas intervenidas.
7. Cimentaciones y encofrado		
8. Montaje de equipos electromecánicos.		
9. Prueba en vacío y puesta en marcha.		
10. Restauración y vegetación de las áreas intervenidas.		
11. Disposición de residuos sólidos y líquidos.		
12. Extracción de material de préstamo		

4.3 MEDIO FISICO, BIOTICO, SOCIAL, CULTURAL Y ECONOMICO

4.3.1 Social - Cultural

Respecto a la población en el área de influencia directa e indirecta del Proyecto se han registrado un total de 3094 habitantes. La distribución de los habitantes se encuentra en la Tabla 4-1 y en la Tabla 4-2

De la población del distrito de Cotabambas, el 84.36% habla quechua, el 0.16% habla aimara, el 15.15% habla Castellano, el 0.08% habla lengua de señas peruanas, el 0.05% no habla ni escucha.

Por otro lado, el 87.72% son de etnicidad quechua, el 0.19% son de etnicidad aimara, el 0.03% son de etnicidad Nativo o Indígena de la Amazonía, el 0.13% son de etnicidad Perteneciente o parte de otro pueblo indígena u originario, el 0.19% son de etnicidad Blanco y el 0.99% son de etnicidad Mestizo.

4.3.2 Salud

Las enfermedades más comunes en la zona las infecciones respiratorias agudas y las enfermedades diarreicas agudas. Eso es debido a las bajas temperaturas que presentan las localidades de la zona (Pizarra, 2016). Las infecciones agudas corresponden a un 24.78% de las muertes en el distrito seguido por enfermedades en las glándulas con 12.75% y desnutrición con 5% (DIRESA Apurimac, 2018)

En cuanto a infraestructura, Cotabambas cuenta con 51 establecimientos de salud, de los cuales 29 corresponden a la categoría I1 y I2, mas no cuenta con hospitales.

4.3.3 Educación

En el distrito de Cotabambas, el 18.20% no tiene educación alguna, el 6.20% tiene educación Inicial, el 31.94% tiene educación Primaria, el 32.56% tiene educación Secundaria el, y el resto tienen educación Superior completa o no completa.

4.3.4 Económico

El índice de desarrollo humano en el distrito de Cotabambas es de 0.2193, la cual es la más baja en todo el provincia de Apurímac (DIRESA Apurimac, 2018). Cotabambas es un importante centro comercial en la zona en Apurímac por su condición de paso obligado de ingreso a la Provincia. De la población económicamente activa (PEA), el 50,54% pertenece al PEA primaria quienes se dedican a las actividades de extracción agropecuarias. La PEA secundaria es de 3,00 %, cifra que corresponde a los procesos de transformación de su materia prima. Finalmente, la PEA terciaria es de 13,72 %, dedicada principalmente a la prestación de servicios sociales básicos (Apurimac, 2013).

Los aspectos fisiográficos, geológicos, bióticos y ecológicos se encuentran dentro de los capítulos respectivos en la presente investigación.

4.4 POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES

Los impactos ambientales directos e indirectos de la etapa de construcción, etapa de operación y en la etapa de abandone se encuentran en las Tabla 4-4. Cabe resalta que se consideró lo descrito en el capítulo de impactos ambientales del texto “Propuestas para mejorar los procesos de evaluación ambiental y social de hidroeléctricas en el Perú” de José Serra Vega (Serra, 2015).

Tabla 4-4 Impactos en etapa de construcción

Etapa	Impactos Directos	Impactos Indirectos
Construcción	<ul style="list-style-type: none">• Inestabilidad de taludes.• Alteración de la calidad paisajística.• Alteración de la calidad del aire.• Generación de niveles de ruido.• Cambio del uso potencial y actual del suelo.• Alteración de la calidad del agua.• Perturbación de la fauna silvestre.• Alteración y fragmentación del ecosistema.• Conflictos sociales.• Alteración de los lugares de interés cultural.	<ul style="list-style-type: none">• Mejora de vivienda y servicios básicos.• Aumento demográfico.• Alteración de la calidad de vida.• Alteración a la salud de la población.

	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración de costumbres locales. • Alteración de la actividad turística. • Aumento de ingresos económicos. • Mejora de la canasta básica familiar. • Dinamización de la economía. 	
Operación	<ul style="list-style-type: none"> • Inestabilidad de taludes. • Generación de niveles de ruido. • Alteración de la calidad paisajística. • Disminución del caudal. • Aumento de sedimentos. • Alteración y fragmentación del hábitat. • Reducción y pérdidas de especies. • Cambio de comportamiento de fauna silvestre. • Perturbación al paso libre de los peces por el río (Efecto Barrera). • Alteración de la calidad de vida. • Conflictos sociales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora de vivienda y servicios básicos. • Aumento demográfico. • Alteración de la calidad de vida. • Alteración a la salud de la población.
Abandono	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración de la calidad físico química del suelo. • Alteración de la calidad del aire. • Generación de niveles de ruido. • Restauración de las áreas intervenidas. • Reducción y pérdida de especies • Paso libre de los peces por el río. • Conflictos sociales. • Dinamización de la economía 	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración de la calidad del agua. • Alteración y fragmentación del hábitat. • Restauración del ecosistema acuático • Mejora de calidad de vida. • Alteración de la salud de los trabajadores.

Capítulo 5: DISEÑO PRELIMINAR DE OBRAS CIVILES

5.1 UBICACION DE OBRAS CIVILES PRINCIPALES

La bocatoma se encuentra en el punto de caudal máximo de la quebrada Palcabamba. Es decir, aguas abajo de la unión de los ríos de las quebradas Palcabamba, Chuyllullu y Callanca, las cuales desembocan en el río Pisonay. Por otro lado, se obtuvo la ubicación de la casa de máquinas primando la distancia de aducción y el salto de la central los cuales dependen de la topografía de la quebrada.

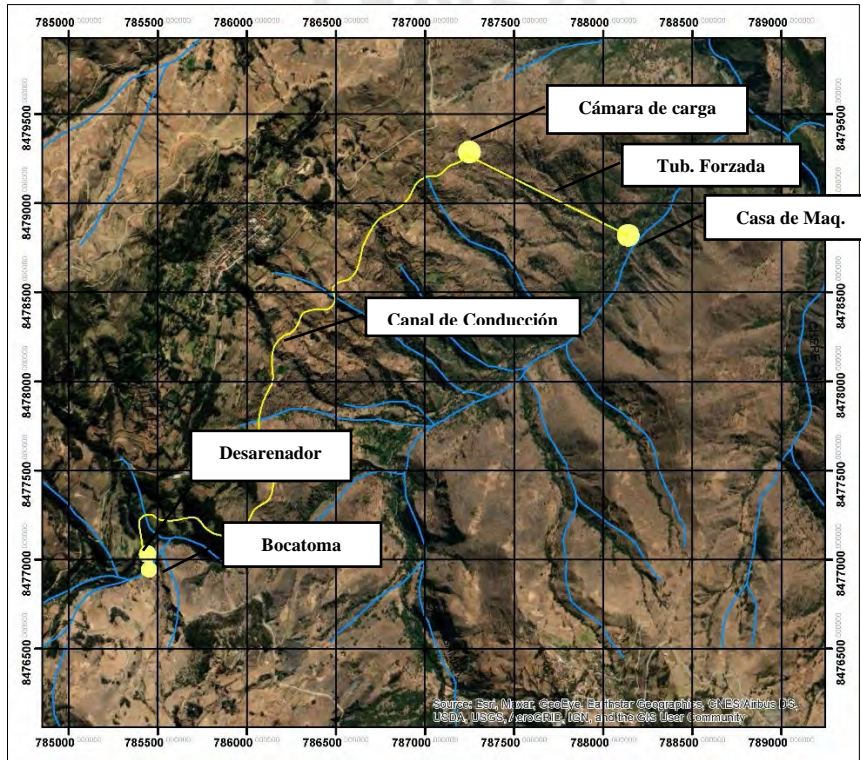


Ilustración 5-1 Ubicación de las principales obras civiles

Tabla 5-1 Coordenadas de obras civiles

Obra Civil	Longitud	Latitud
Bocatoma	-72° 21.615´	-13° 45.771´
Desarenador	-72° 21.627´	-13° 45.698´
Cámara de Carga	-72° 20.64´	-13° 44.495´
Casa de Maquinas	-72° 20.139´	-13° 44.73´

La bocatoma debe ubicarse por encima de los 3 250 msnm. La casa de máquinas debe ubicarse como máximo en el nivel 2 720 msnm. En la Tabla 5-1 se muestran las coordenadas de ubicación de las principales obras civiles de la MCH Palcabamba. Por otro lado, en la Ilustración 5-1 se muestra la ubicación de las obras civiles del proyecto en un mapa de ubicación.

5.2 BOCATOMA

5.2.1 Rejilla de captación

Para la rejilla de captación se utilizó barras comerciales de 3/8" x 2". Por otro lado, se empleó un porcentaje de obstrucción del 25% y una inclinación de 11.31° de las varillas respecto a la horizontal. De acuerdo a dicho porcentaje, se obtuvo una separación de 4.5 cm entre barras. En la tabla se muestra los datos necesarios para el diseño de la rejilla.

La constante de reducción del área "K" se halló con la Ecuación 13 y el coeficiente de contracción "C" con la Ecuación 15 utilizando los datos de entrada de la Tabla 5-2. Los resultados se muestran en la Tabla 5-3.

Tabla 5-2 Datos de entrada

Variable	Cantidad	Unidad
f =	25	%
s =	4.5	cm
t =	0.95	cm
i =	20	%
e =	5.08	cm
Qd =	0.16	m ³ /s

Tabla 5-3 Constantes K y C

Variable	Cantidad
K =	0.619
C =	0.435

Se procedió a iterar la longitud de la rejilla con el ancho de la misma con la Ecuación 20. Posteriormente, se calculó la altura de la cresta del azud con la Ecuación 18. Cabe resaltar que la altura de la cresta del azud resultó en 40 cm; sin embargo, esta debe ser de tamaño

considerable para que la rejilla este constantemente sumergida. Por consiguiente, se previó al menos 50 cm de esta altura. Los resultados se presentan a continuación.

Tabla 5-4 resultados de rejilla de captación

Variable	Cantidad	Unidad
L =	0.19	m
b =	4.55	m
Ho =	0.50	m

5.2.2 Galería

Para la galería se asumió una velocidad de entrada de 1m/s, mientras que para la velocidad de salida se utilizó la Ecuación 25. Por otro lado, el coeficiente de rugosidad de Manning se asumió como 0.035 considerando las pérdidas por turbulencia (García Vélez, 2003).

Tabla 5-5 Datos de entrada

Variable	Cantidad	Unidad
b =	4.55	m
Qd =	0.16	m ³ /s
Vo =	1.00	m/s
Vf =	1.99	m/s

Por otro lado, se aplicó el método de Zamarín. Los resultados se expresan en la Tabla 5-6.

Tabla 5-6 Resultados con el método de Zamarin

x (m)	Q (m³/s)	V (m/s)	A = Q/V	d = A/L	P	R	Sf	hf	Shf	V**2/2g	Cota fondo	Froude	z(SL)
0	0.000	1.000	0.000	0.000	0.184	0.000	0.00000	0.000	0.000	0.051	1.021	0.000	1.021
0.91	0.032	1.199	0.027	0.145	0.474	0.056	0.08158	0.037	0.037	0.073	0.816	1.004	0.961
1.82	0.064	1.397	0.046	0.249	0.682	0.067	0.08763	0.077	0.114	0.100	0.609	0.894	0.858
2.73	0.096	1.596	0.060	0.327	0.838	0.072	0.10462	0.087	0.201	0.130	0.413	0.891	0.740
3.64	0.128	1.795	0.071	0.388	0.960	0.074	0.12626	0.105	0.306	0.164	0.213	0.920	0.601
4.55	0.160	1.993	0.080	0.437	1.057	0.076	0.15135	0.126	0.433	0.203	0.000	0.963	0.437

Se verificó que el número de Froude es menor que la unidad, por ende, el flujo es subcrítico en la salida de la galería y además se verificó la dimensión de la rejilla. Por otro lado, se obtuvo que el tirante de agua al final de la galería es de 0.44m. Por consiguiente, se realiza una ventana de 19x45cm.

Tabla 5-7 Dimensión de galería

Variable	Cantidad	Unidad
L =	0.19	m
z =	0.45	m

5.2.3 Muro de encauzamiento y barraje

Para el muro de encauzamiento se empleó la Ecuación 21. Se sabe que la altura por encima de la cresta debido a la avenida es de 12 cm. Por otro lado, se utilizó un margen libre de 25% y la Ecuación 30 para determinar la altura total, los resultados se presentan a continuación en la Tabla 5-8.

Tabla 5-8 Alturas totales del Barraje

Variable	Cantidad	Unidad
H1 =	0.50	m
Ho =	0.50	m
Hb =	1.00	m
Hqmax =	0.12	m
Hm =	1.40	m

5.3 DESARENADOR

5.3.1 Altura de Nave del desarenador

Se definió el diámetro de las partículas a sedimentar con la Tabla 2-3 y el salto de la MCH, el cual asciende a 0.55km, con lo que se obtuvo un diámetro de diseño de 0.1mm. Consecuentemente, el parámetro “a” resultó 44 m/s al relacionar el tamaño de las partículas como se indica en la Tabla 2-5.

Para el diseño de la nave, se consideró la relación de la base con la altura de la nave igual a 2.45. Con los datos de caudal y velocidad de la Ecuación 34, se determinó la altura de la nave. Dado que el caudal es bajo, se diseñó el desarenador con solo una nave.

Tabla 5-9 Datos de entrada para diseño de desarenador

Variable	Cantidad	Und
Q =	0.16	m ³ /s
Alt. Caída =	535	m
Diámetro =	0.1	mm
a =	44	m/s

Tabla 5-10 Altura y Ancho de la base del desarenador

Var	Cantidad	Und
A =	44.00	m/s
V =	13.91	cm/s
A =	1.15	m ²
B/H =	2.45	
H =	0.69	m
B =	1.678	m

5.3.2 Velocidad de sedimentación y longitud del desarenador

Para el cálculo de la velocidad de sedimentación en un medio en reposo se utilizó el método de Arkangelski la cual resulto en 0.85cm/s y fue el valor más cercano al promedio de todos los valores calculados mediante los otros métodos descritos en el marco teórico. La longitud del desarenador es de 11.24 metros y se obtiene utilizando la Ecuación 35.

5.3.3 Diseño de la carga sobre el vertedero y la compuerta de purga.

Tabla 5-11 Carga sobre el vertedero

Var	Cantidad	Unidad
Q =	0.16	m ³ /s
C =	2.0	(perfil Creager)
L = Bdes =	1.68	m
H =	0.13	m
A =	0.22	m ²
V =	0.73	m/s

Tabla 5-12 Compuerta de purga

Var	Cantidad	Unidad
desnivel =	0.56	m
alt.útil =	0.69	m
carga sobre vertedero =	0.13	m
Ho =	1.50	m
V =	5.42	m/s
cd	0.6	
Q	0.20	m ³ /s

Para el diseño de la carga sobre el vertedero se utilizó la Ecuación 37. Luego, se verificó que los valores de la carga sobre la cresta y la velocidad de salida no excedan 0.25 m ni 1 m/s respectivamente. Los resultados se muestran en la Tabla 5-11. Cabe resaltar que el vertedero

tiene un perfil Creager. Para el diseño de la compuerta de purga, se utilizó una compuerta de 0.25x0.25m. Además, se consideró una pendiente longitudinal del fondo de la nave igual a 3%. Los resultados se muestran en la Tabla 5-12.

5.3.4 Diseño Transición Desarenador

Para el cálculo de la longitud de transición, se consideró el ancho correspondiente a la nave de sedimentación, así como el ancho correspondiente a la entrada del canal de la bocatoma y el canal de conducción hacia la cámara de carga. Se resume los resultados en la Tabla 5-13. Así mismo, se utilizó un ángulo de 22.5 según lo recomendado por la ANA (Autoridad Nacional del Agua, 2010b)

Tabla 5-13 Longitud de transición

	Bcan	Bdes	Longitud
Lt Entrada	0.39	1.68	1.55
Lt Salida	0.33	1.68	1.63

5.4 CANAL DE CONDUCCIÓN

En la Tabla 5-14 se muestran los datos de entrada para el diseño de canal. Para el diseño del canal de conducción se utilizó la fórmula de Manning, las relaciones de área mojada, perímetro mojado y radio hidráulico. Los resultados se muestran en la Tabla 5-15.

Tabla 5-14 Datos de entrada Canal de Conducción

Datos	Valor	Unidad
Caudal Q	0.16	m ³ /s
Pendiente S	0.0001	
Talud t	0.577	
n	0.015	
b/y	1	

Tabla 5-15 Resultados Canal de conducción

VARIABLE	CANTIDAD	UNIDAD
b	0.386	m
y	0.386	m
V	0.682	m ² /s

El Número de Froude asciende a 0.41. Consecuentemente, se verificó que el flujo en el canal pertenece al régimen subcrítico pues el Número de Froude es menor a la unidad ($Fr < 1$). Además, la velocidad del flujo es de 0.23 m/s y se verificó que la velocidad se encuentre dentro

del rango mínimo para evitar sedimentación y erosión en el canal. Finalmente, para el diseño del canal de conducción, se consideró un borde libre de 20%, lo cual es equivalente a un borde libre de 10 cm.

5.5 CAMARA DE CARGA

5.5.1 Altura de Inmersión

La altura de inmersión se diseñó con la velocidad dentro de la tubería forzada, el diámetro de la misma, barras rectangulares de 1 pulgada y separación de 5 cm para la rejilla. Por otro lado, se definió la velocidad de aproximación a la rejilla como 0.10 m/s, un ángulo de inclinación de 30 grados para la misma y una constante C igual a 0.30.

Entonces, se calculó la altura de inmersión utilizando la Ecuación 39 y la Ecuación 40. Asimismo, se calculó la pérdida de carga debido a la rejilla con la Ecuación 41. Se presentan los resultados a continuación:

Tabla 5-16 Datos de entrada

Variable	Cantidad	Unidad
V =	2.26	m/s
D =	0.30	m
C =	0.30	-
Kt =	2.40	-
t =	0.01	m
b =	0.05	m
V =	0.10	m/s
α =	30	°

Tabla 5-17 Resultados Cámara de carga

Variable	Cantidad	Unidad
Hs1 >	0.39	m
Hs2 >	0.37	m
ht =	2.48×10^{-4}	m

De manera conservadora, se seleccionó la altura mayor. Por otro lado, se previó una altura de 0.30 m para el fondo de la tubería forzada. Esto resultó en un tirante de 1.01 m casi constante debido a la pequeña pérdida de carga.

Tabla 5-18 Resultados Cámara de carga

Variable	Cantidad	Unidad
Hs =	0.39	m
Hp =	0.30	m
Ht =	1.15	m

5.5.2 Tanque de almacenamiento

Se definió una capacidad para el tanque de almacenamiento de 2 minutos del caudal de diseño.

Por consiguiente, la Ecuación 42 se reduciría a la siguiente expresión:

$$C = 120 * Qd \quad (77)$$

$$L = V * Qd \quad (78)$$

Por otro lado, igualando la Ecuación 77 con la ecuación de continuidad se obtuvo la longitud de la cámara de carga, la cual viene dada por la Ecuación 78 asciende a 12 m.

5.6 TUBERÍA FORZADA

5.6.1 Diámetros preliminares

En una primera etapa, se diseñó con la fórmula de Fahlbusch, criterios límite para las velocidades de flujo de 4 a 6 m/s y pérdidas de carga para una pendiente de línea de entre 0.5% a 2%. De esta forma, se obtuvo los siguientes diámetros preliminares.

Luego se procedió a calcular el espesor de tubería mínima con la Ecuación 45. El resultado para el espesor mínimo utilizando los datos de presión máximo y esfuerzo de trabajo es de 81mm.

Tabla 5-19 Diámetro tubería forzada

	Fahlbusch	Lim Velocidad	Pendiente de energía
Dmin	0.24m	0.25m	0.37m
Dmax		0.30m	0.49m

5.6.2 Diámetro económicamente óptima

Luego, se procedió a realizar un análisis de costo de la tubería para poder determinar un diámetro económicamente óptimo, el resultado de este análisis se plasma en el siguiente gráfico.

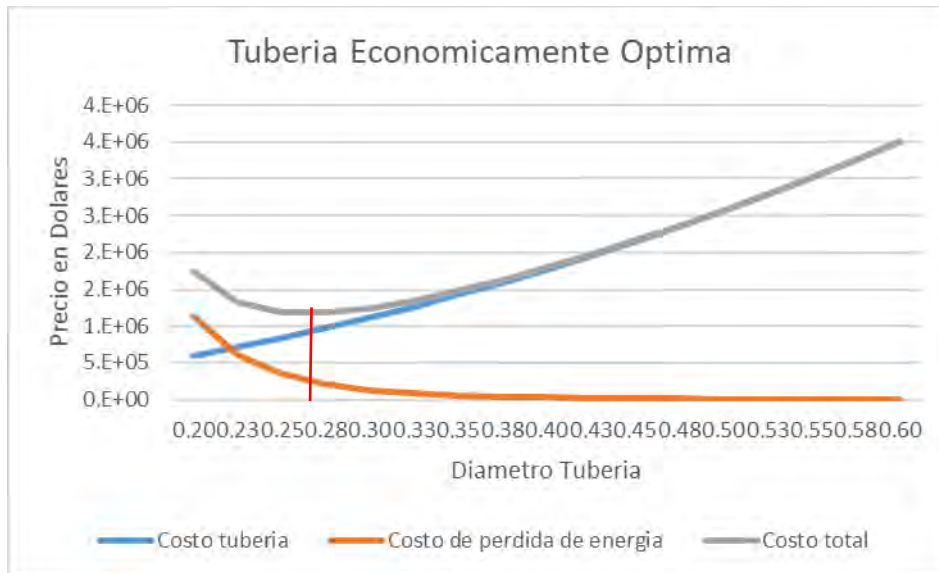


Ilustración 5-2 Diámetro Económicamente óptimo

Del análisis del diámetro óptimo se obtuvo que el diámetro más rentable es de 0.28m, el cual se aproxima a 0.3m por practicidad. Cabe resaltar que la longitud de la tubería forzada es de aproximadamente 1123 m.

5.6.3 Diámetro de diseño

Por otro lado, se aplicó la teoría rígida para determinar el espesor de la tubería forzada. El resultado de dicho análisis muestra que el espesor de la tubería debe ser de aproximadamente 1.29 cm de espesor. Con el resultado de la teoría rígida, se procedió a calcular el espesor de la tubería forzada mediante métodos elásticos, específicamente con el método de Allievi. Se muestra en la Tabla 5-20 los datos de entrada. Se consideró además un tiempo de cierre de 4 segundos. Finalmente, se obtuvo un espesor de diámetro de 1.42cm.

Tabla 5-20 Datos de entrada Allievi

Datos	Cantidad	Unidad
Q =	0.16	m ³ /s
L =	1123	m
Hbrut =	550	m
D =	0.30	m
hf =	14.83	m

5.6.4 Espesor variable

Sin embargo, se debe analizar el espesor requerido según la sobrepresión a lo largo de la tubería. En la Tabla 5-21 se muestra el análisis de la sobrepresión que depende de la altura de agua y de la longitud de la tubería. Así mismo, se muestra el resultado para el espesor comercial de la tubería, los cuales respetan el espesor mínimo hallado líneas arriba.

Tabla 5-21 Diámetro de la tubería forzada

Hbruta	Longitud de tub	Espesor cm	Espesor comercial
550	1123	1.42	1.5
500	1053	1.36	1.5
450	983	1.29	1.5
400	855	1.23	1.5
350	760	1.17	1.5
300	634	1.10	1.5
250	534	1.04	1
200	434	0.97	1
150	344	0.90	1
100	260	0.82	1
50	180	0.74	1

5.7 ANCLAJES Y APOYOS

Para el diseño de los anclajes se consideró las fuerzas propuestas por BPC Hydroconsult. Por otro lado, se consideró una junta de dilatación luego de cada anclaje. El tipo de suelo en la cual se apoyan los anclajes y apoyos se definió en el capítulo de Estudio de fisiografía. Por ello, se consideró que el ángulo de fricción del suelo es de 30 grados, así como una presión admisible del suelo de 350 kN/m² (BPC Hydroconsult & Action, 2002).

5.7.1 Cálculo de Fuerzas Actuantes

Para la fuerza F2d, se calculó solo la resultante debido a la fricción del tubo aguas arriba debido a la fricción de la tubería en los soportes. Esto se debe a que aguas abajo se encuentra una junta de dilatación.

Lo mismo ocurre para la fuerza F4d, la cual es la fuerza que actúa paralelo a la tubería en el anclaje y es equivalente a 0 aguas abajo debido a la junta de dilatación.

Para la fuerza F10, se consideró el K_a según la Ecuación 66. Además, la fuerza resultante actúa a 1/3 de la altura enterrada del bloque de concreto. Por último, la tubería forzada está siempre paralela a la topografía del suelo.

En el caso del diseño de los apoyos, las únicas fuerzas que actúan sobre ellos son las fuerzas F1, F2 y F10. Para la fuerza F2 se consideró, al igual que para los anclajes, que la fuerza F2d aguas abajo es despreciable.

Cabe resaltar que tanto para el diseño de los apoyos como para el de los anclajes se consideraron 2 casos diferentes, el caso de contracción y dilatación. Esto afecta las fuerzas F2 de fricción y la fuerza F6 que ejerce la junta de dilatación.

Finalmente, para el anclaje que se ubica en la cota 2950 msnm se consideró una fuerza adicional por el cambio de diámetro en la tubería según lo indicado en el capítulo de tubería forzada.

5.7.2 Condiciones de diseño

Para la condición de volcadura, se tomó momentos desde la esquina del bloque de concreto y luego se procedió a hallar la excentricidad del bloque. Finalmente, se verificó que la excentricidad es menor que la excentricidad permisible.

Luego se verificó la presión máxima que transfiere el bloque de concreto al suelo. Para ello se aplicó la siguiente fórmula:

$$P_{\text{base}} = \frac{\sum v}{A_{\text{base}}} \left(1 + \frac{6e}{L_{\text{base}}}\right)$$

Finalmente se verificó por deslizamiento según la siguiente fórmula:

$$u \sum V / \sum H > 1.5$$

Para todas las condiciones de diseño, se verificó tanto por contracción como para el caso de dilatación. Se estimó el valor inicial del bloque de anclaje o apoyo según el talud del terreno. Luego se iteró según las 3 condiciones descritas líneas arriba. Finalmente, se redondeó los valores encontrados y se vuelve a verificar las condiciones de diseño.

5.7.3 Diseño final y Dimensiones

La tubería forzada es de aproximadamente 1123 metros de longitud. En esta longitud se colocaron 198 apoyos espaciados cada 5 metros. En el caso de anclajes, se colocaron 30 apoyos distanciados a no más de 50m entre ellos dependiendo de la topografía del terreno. En la Ilustración 5-3 se muestra el anclaje típico y en la Ilustración 5-4 el apoyo típico.

Así mismo, en la Tabla 5-22 se muestran las dimensiones de los anclajes típicos y en la Tabla 5-23 se muestran las dimensiones típicas de los anclajes en la MCH. Finalmente, se diseñó 5 tipos de anclaje y 3 tipos de apoyo.

Tabla 5-22 Dimensiones Anclajes típicos

Tipo	A	B	C	D	E	F	X
A	0.8	1.6	1.1	0.5	0.3	1.2	0.3
B	0.8	1.6	1.1	0.5	0.3	0.2	0.3
C	2.3	3.1	2.5	0.5	1.7	0.9	1.7
D	3.5	4.3	3.7	0.5	2.9	1.6	2.9
E	1.7	2.5	2.0	0.5	1.1	0.8	1.1

Tabla 5-23 Dimensiones Apoyos típicos

Tipo	A _u	B _u	H _u	a	b	h
A	0.6	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3
B	0.7	0.7	0.7	0.4	0.4	0.4
C	0.9	0.9	0.9	0.6	0.6	0.6

*Donde Lu es la longitud de tubería aguas arriba hasta el próximo anclaje

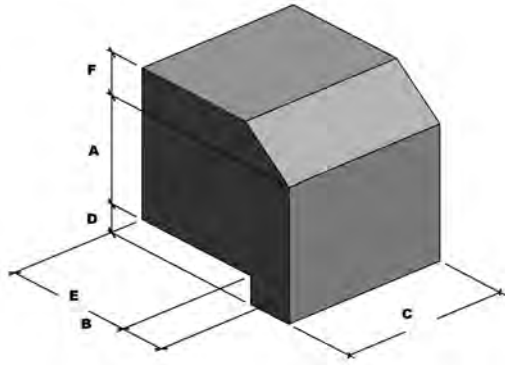


Ilustración 5-3 Anclaje típico

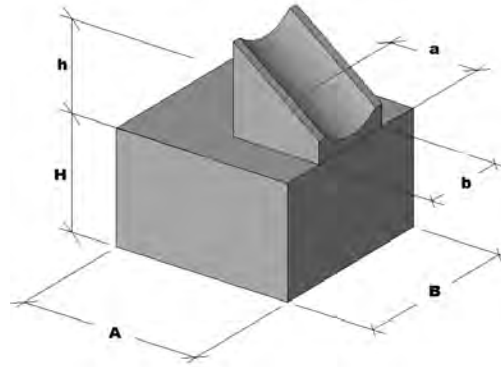


Ilustración 5-4 Apoyo Típico

En los anexos se muestra la progresiva de los anclajes en el proyecto según una lista detallada de todo los anclajes y apoyos, así como el cálculo inicial de cada una de ellas.

5.8 CASA DE MÁQUINAS

5.8.1 Selección de turbina

Se escogió la turbina utilizando la Ilustración 2-12 con un salto neto de 535m y un caudal de 0.16 m³/s. El resultado, adjunto en el Anexo, muestra que debido a las condiciones dadas se necesita una turbina Pelton.

5.8.2 Área de cada de maquinas

Por otro lado, el área de la casa de máquinas se determinó mediante la Ilustración 2-13 con una caída de 535m y un caudal de 0.16 m³/s. Cabe resaltar que se amplió el nomograma presentado por Nozaki hasta los 550 m de caída. Finalmente, se obtuvo que el área es de 100 m². El resultado gráfico se puede apreciar en el Anexo.

Capítulo 6: EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA

En capítulo 6 se analizó la rentabilidad del proyecto mediante un flujo de caja económico y financiero, y mediante el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). De esta manera, se pudo determinar la factibilidad del proyecto. Todas las operaciones se realizaron en dólares americanos y con un periodo de concesión de 30 años.

6.1 COSTOS E INGRESOS DEL PROYECTO

6.1.1 Costo de inversión

Los costos de inversión fueron basados en ratios de proyectos similares, así como ratios extraídos de tesis de diseños de centrales. Estas ratios están expresadas en la Tabla 6-1.

Tabla 6-1 Ratios de presupuesto de inversión

Obras preliminares	5%
Obras civiles	59%
Equipamiento electromecánico	30%
Línea de transmisión y costos de concesión	6%
Costos indirectos y contingencias	15%
Utilidad	5%
Impuesto general a las ventas	18%

Cabe resaltar que el presupuesto está contemplado a partir del costo de construcción del canal el cual equivale a un monto de 232 dólares americanos por metro cubico de canal. A continuación, se presenta el presupuesto de inversión en la Tabla 6-2

Tabla 6-2 Presupuesto de inversión para la MCH Palcabamba

Ítem	Descripción	PARCIAL
1.0	Obras Preliminares	41,634.86
2.0	Obras Civiles	503,359.62
2.1	Bocatoma	19,653.84
2.2	Canal de derivación	6,651.78
2.3	Desarenador	3,885.29
2.4	Canal de conducción	277,551.83
2.5	Cámara de carga	8,494.39
2.6	Tubería forzada	102,297.22
2.7	Canal de demasías	10,298.07
2.8	Casa de máquinas	74,527.20

3.0	Equipamiento Electromecánico	252,683.50
4.0	Línea de Transmisión	23,615.28
5.0	Costos de concesión	29,547.21
	Costo Directo	850,840.48
	Costos Indirecto	125,839.90
	Utilidad	40,268.77
	Subtotal	1,016,949.15
	Inversión Inc. IGV	1,200,000.00

6.1.2 Costo de operación y mantenimiento

Se espera que los costos de operación y mantenimiento vayan incrementando a través de los años. Esta proyección se realizó de manera gradual con 1.5% del costo de la inversión para el año inicial de operación y el 2% para el año final del proyecto. Lo mencionado anteriormente se puede observar en la Ilustración 6-1

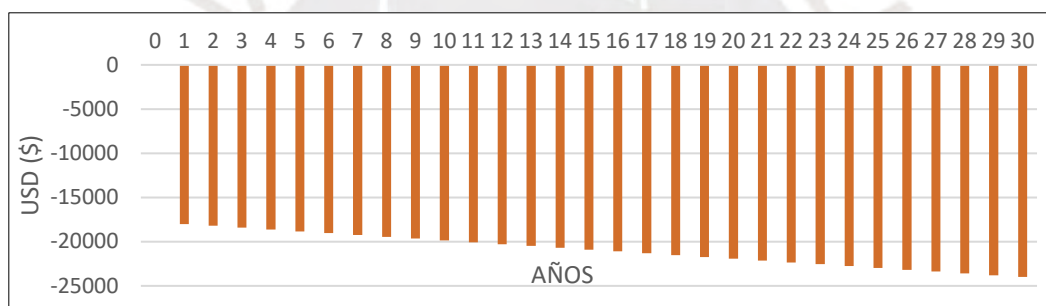


Ilustración 6-1 Costos de operación y mantenimiento

6.1.3 Venta de energía

Tabla 6-3 Datos de entrada para ecuaciones 72,73,74

Datos de entrada		
Pe	0.70	MW
Fpe	0.76	
ne	3	meses
Pa	0.43	MW
Fpa	0.87	
na	9	meses
Tarifa RER	60	US\$/MWh
Vpcosto	1,357,155.12	
Vpenergía	29,201,432.18	

Tabla 6-4 Resultados de las ecuaciones 72,73,74

Resultados		
E	3,626,245.80	Kwh/año
Venta	217,574.75	US\$/año
C.U.E.	0.046	US\$/Kwh

El valor de energía anual se obtuvo mediante la Ecuación 71 con los datos del balance hídrico. Por otro lado, para la venta de energía se utilizó la tarifa RER establecida en la proyección de tarifas y la Ecuación 72. Finalmente se halló el costo unitario energético con la Ecuación 73 y se comparó con la tarifa RER. Se presenta un resumen de los datos en la Tabla 6-3 y valores finales para energía, venta y C.U.E. en la Tabla 6-4.

Como se puede observar el costo de generación de energía es menor a la tarifa propuesta para licitación, con lo cual se asegura la viabilidad económica del proyecto.

6.1.4 Valor residual

De acuerdo al presupuesto, el valor inicial V_i de obras civiles asciende a US\$ 503 359.62, mientras que el valor inicial V_i de equipo electromecánico y líneas de transmisión ascienden a US\$ 276 298.78. Finalmente se utilizó la Ecuación 74 para hallar los valores residuales con lo cual el valor residual total asciende a US\$ 240 815.10.

Vr obras civiles	: US\$ 201 343.85
Vr equipos	: US\$ 39 471.25

6.2 EVALUACIÓN ECONOMICA - FLUJO DE CAJA

El flujo de caja económico es un análisis de ingresos y egresos con inversiones de personas naturales o empresas particulares, lo que implica una tasa de descuento alta. Debido a que el interés es alto, este flujo se considerara como un escenario no óptimo. Se realizó el flujo económico con las siguientes consideraciones:

Concesión del Proyecto	: 30 años
Tasa de descuento	: 12.0 %
Costo de inversión	: 1200000 en año 0

Posteriormente se realizó el flujo de caja económico el cual se puede observar en la Tabla 6-5. Los resultados son una tasa interna de retorno (TIR) de 16.39%. Finalmente, el valor actual neto (VAN) asciende a US\$403 487.41. Estos valores representan una inversión rentable a este nivel de inversión.

Tabla 6-5 Flujo de caja económico para la MCH Palcabamba

AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Egresos															
Inversión	1,200,000.0														
Operación y Mantenimiento		18,000.0	18,206.9	18,413.8	18,620.7	18,827.6	19,034.5	19,241.4	19,448.3	19,655.2	19,862.1	20,069.0	20,275.9	20,482.8	20,689.7
Total Egresos	1,200,000.0	18,000.0	18,206.9	18,413.8	18,620.7	18,827.6	19,034.5	19,241.4	19,448.3	19,655.2	19,862.1	20,069.0	20,275.9	20,482.8	20,689.7
Ingresos															
Venta Energía		217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7
Valor residual															
Total Ingresos	0.0	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7
Saldo a Financiar	(1,200,000.0)	199,574.7	199,367.9	199,161.0	198,954.1	198,747.2	198,540.3	198,333.4	198,126.5	197,919.6	197,712.7	197,505.8	197,298.9	197,092.0	196,885.1
Saldo a Financiar acumulado	(1,200,000.0)	(1,000,425.3)	(801,057.4)	(601,896.4)	(402,942.4)	(204,195.2)	(5,655.0)	192,678.4	390,804.9	588,724.5	786,437.1	983,942.9	1,181,241.8	1,378,333.8	1,575,218.9

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	TOTALES
																1,200,000.00
20,896.6	21,103.4	21,310.3	21,517.2	21,724.1	21,931.0	22,137.9	22,344.8	22,551.7	22,758.6	22,965.5	23,172.4	23,379.3	23,586.2	23,793.1	24,000.0	630,000.00
20,896.6	21,103.4	21,310.3	21,517.2	21,724.1	21,931.0	22,137.9	22,344.8	22,551.7	22,758.6	22,965.5	23,172.4	23,379.3	23,586.2	23,793.1	24,000.0	1,830,000.0
217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	6,527,242.4
																240,815.1
217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	217,574.7	458,389.9	6,768,057.5
196,678.2	196,471.3	196,264.4	196,057.5	195,850.6	195,643.7	195,436.8	195,229.9	195,023.0	194,816.1	194,609.2	194,402.3	194,195.4	193,988.5	193,781.6	434,389.9	4,938,057.5
1,771,897.1	1,968,368.4	2,164,632.8	2,360,690.3	2,556,540.9	2,752,184.6	2,947,621.4	3,142,851.4	3,337,874.4	3,532,690.5	3,727,299.7	3,921,702.1	4,115,897.5	4,309,886.0	4,503,667.7	4,938,057.5	

6.3 EVALUACIÓN FINANCIERA – FLUJO DE CAJA

El flujo de caja financiero es un flujo de dinero con dos tipos de inversiones. En primer lugar, se tiene el financiamiento de una entidad bancaria la cual brinda una tasa más baja a la que se tenía en el flujo de caja económico. En segundo lugar, se mantiene la tasa del flujo anterior para el porcentaje que no está siendo financiado por la entidad bancaria. Finalmente, este tipo de inversión se aproxima a una inversión real.

Las condiciones para el flujo financiero son las siguientes:

Aporte financistas	: 20%
Financiamiento banco	: 80%
Tasa de interés anual	: 7%
Tasa de descuento	: 12%
Plazo	: 10 años

En consecuencia, es necesario introducir el concepto del costo promedio ponderado del capital (acrónimo W.A.C.C., por sus siglas en inglés). Este costo es la tasa de descuento que combina no solo las distintas tasas involucradas en el flujo financiero, es decir, la tasa de interés del banco e inversionistas, sino también los riesgos como por ejemplo el riesgo país, tasa de riesgo por mercado, etc.

El cálculo del costo WACC es complejo y forma parte de un análisis financiero que no formó parte de este estudio; sin embargo, para el presente proyecto se simuló como tasa W.A.C.C. al promedio ponderado entre ambas tasas, la cual resultó en 8%. Este costo se realizó con las fórmulas de los indicadores financieros VAN y TIR.

Posteriormente se realizó el flujo de caja financiero el cual se puede observar en la Tabla 6-6. Los resultados son una tasa interna de retorno (TIR) de 30.02%. Finalmente, el valor actual neto (VAN) asciende a US\$1 092 146.14. Estos valores representan una inversión mucho más rentable que el flujo anterior. Por ende, este flujo es el escenario esperado al momento de invertir.

Tabla 6-6 Flujo de caja financiero para la MCH Palcabamba

AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
DESEMBOLSO	960,000.0														
CUOTA BANCO		136,682.4	136,682.4	136,682.4	136,682.4	136,682.4	136,682.4	136,682.4	136,682.4	136,682.4	136,682.4				
AMORTIZACIÓN		69,482.4	74,346.2	79,550.4	85,118.9	91,077.3	97,452.7	104,274.4	111,573.6	119,383.7	127,740.6				
INTERESES		67,200.0	62,336.2	57,132.0	51,563.5	45,605.1	39,229.7	32,408.1	25,108.8	17,298.7	8,941.8				
SALDO	960,000.0	890,517.6	816,171.4	736,621.0	651,502.1	560,424.8	462,972.2	358,697.8	247,124.3	127,740.6	0.0				
ESCUDO FISCAL															
SALDO	(240,000.0)	62,892.3	62,685.4	62,478.6	62,271.7	62,064.8	61,857.9	61,651.0	61,444.1	61,237.2	61,030.3	197,505.8	197,298.9	197,092.0	196,885.1
SALDO ACUMULADO	(240,000.0)	(177,107.7)	(114,422.2)	(51,943.7)	10,328.0	72,392.8	134,250.6	195,901.6	257,345.7	318,582.8	379,613.1	577,118.9	774,417.8	971,509.8	1,168,394.9

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	TOTALES
																960,000.0
																1,366,824.0
																960,000.0
																406,824.0
196,678.2	196,471.3	196,264.4	196,057.5	195,850.6	195,643.7	195,436.8	195,229.9	195,023.0	194,816.1	194,609.2	194,402.3	194,195.4	193,988.5	193,781.6	434,389.9	4,531,233.5
1,365,073.1	1,561,544.4	1,757,808.8	1,953,866.3	2,149,716.9	2,345,360.6	2,540,797.4	2,736,027.3	2,931,050.4	3,125,866.5	3,320,475.7	3,514,878.0	3,709,073.5	3,903,062.0	4,096,843.7	4,531,233.5	

6.4 INDICADORES FINANCIEROS

El VAN indica que en ambos casos existe beneficios al invertir en este proyecto. Sin embargo, la opción de financiamiento supera a la primera opción por encima del 100%. Por otro lado, se observó que el TIR en ambos casos es mayor a la tasa de descuento; sin embargo, la opción de financiamiento supera a la primera opción por 13.63%.

Finalmente, se muestra el tiempo proyectado de retorno. En el primer caso asciende hasta en 11 años; sin embargo, para la segunda opción es mucho más rápido y se recupera la inversión en 5 años. En la Tabla 6-7 se muestra el resumen de los indicadores financieros para el presente proyecto con ambos casos de inversión.

Tabla 6-7 Indicadores financieros de la MCH Palcabamba

	Sin Financiamiento	Con Financiamiento	
Tasa de descuento	12.00%	-	
WACC	-	8.00%	
TIR	16.39%	30.02%	
VAN	403,487.41	1,092,146.14	US\$
Payback	11	5	años

Finalmente, en la Ilustración 6-2 se muestra las dos tasas internas de retorno. Se observó que la inversión con financiamiento es la curva que más se aleja de la tasa de descuento, lo cual indica que esta opción es la más rentable al momento de financiar.

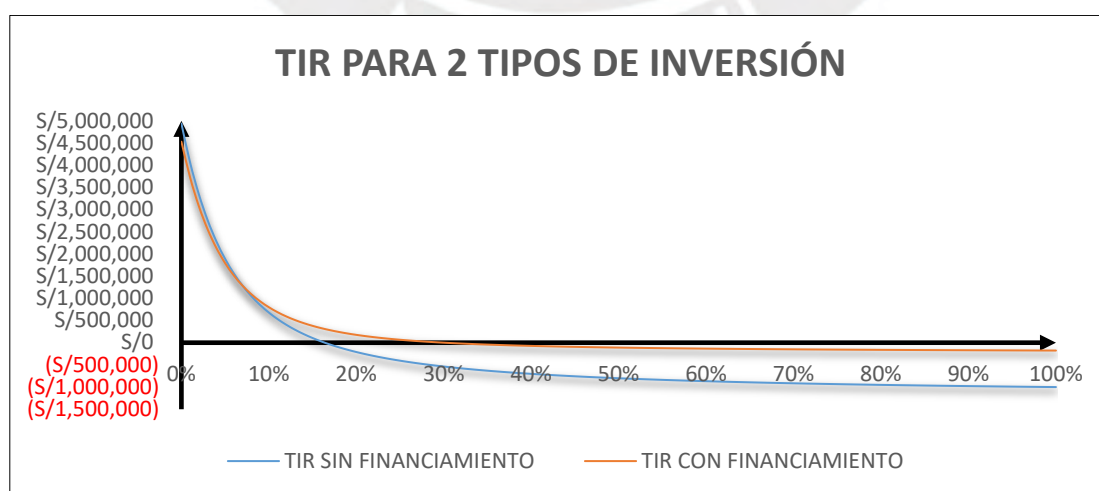


Ilustración 6-2 Tasa interna de retorno para 2 tipos de inversión

Capítulo 7: CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

7.1 Conclusiones

Se concluye como viable el proyecto MCH Palcabamba de manera que puede contribuir con el aprovechamiento de recursos energéticos renovables y aportar a la renovación de la matriz energética del país.

Con estos resultados de la transferencia hidrología y las curvas de duración se concluye que la cuenca es apta para el proyecto de aprovechamiento hidro energético. En consecuencia, se cuenta con un caudal nominal de 0.16 m³/s y un caudal de avenida de 0.88 m³/s para un periodo de retorno de 100 años.

Se diseñaron las obras civiles relacionadas con la central hidroeléctrica Palcabamba. Se define la altura de 550m debido a las características del terreno. Por otro lado, debido a las características del proyecto, solo se requiere una nave de desarenación, una tubería forzada de 30 cm de diámetro y se contará con una turbina Pelton que, junto al generador, instaurarán los 0.70 MW de potencia nominal. Finalmente, el resultado del diseño se expresa directamente en los planos adjuntos en el anexo de este estudio

En este estudio se estableció las características de la central hidroeléctrica Palcabamba, la cual cuenta con una potencia nominal de 700 KW y factor de planta de 0.76. Además, la energía ofertada anual es de 3.67 GWh/año. Por otro lado, se estableció la tarifa por la energía ofertada, la cual asciende a 60 dólares americanos por MWh en la próxima subasta RER.

Se obtuvo el presupuesto en base a ratios de proyectos similares. La inversión inicial asciende a USD 1 200 000. Por otro lado, se realizó una evaluación financiera que dio como resultado un proyecto rentable y factible. Esto último, se refleja con un TIR de 30.02% y un VAN de USD 1 092 146.14. Consecuentemente, el proyecto de la MCH Palcabamba puede ayudar a la descentralización de las fuentes de energía de manera rentable y sostenible.

Se realizó el diseño de una central de pasada o run of river. Esto implicó contar con un factor de planta bajo con respecto a una central con represa. Sin embargo, es menos contaminante e intrusivo que otras opciones tradicionales.

Los estudios realizados en este trabajo sirven como bases para una recopilación de datos posteriores. Por ejemplo, el estudio de precipitación de la quebrada Palcabamba también puede ser parte de un mapa hidrológico detallado de la cuenca de Ucayali. Por otro lado, las bases de la declaración de impacto ambiental sirven como base para un posterior estudio completo de impacto ambiental.

7.2 Recomendaciones y Comentarios

Se recomienda profundizar el estudio de hidrología de manera que se cuente con mayor número de estaciones de precipitaciones en la cuenca en estudio para poder realizar la transferencia hidrológica. Por otro lado, se recomienda contrastar dichos resultados con métodos más precisos para una etapa de factibilidad.

Debido a la baja disponibilidad del recurso hídrico se recomienda plantear un trasvase o derivación de aguas de otra fuente de recurso hídrico como lagunas o, en su defecto, generar un embalse que no sea perjudicial para el medioambiente como, por ejemplo, el sistema Inflatable Rubber Dam. Esto incrementaría considerablemente el factor de planta.

Por otro lado, la posibilidad de realizar un reservorio sin afectar en caudal ecológico es remota. Se debe realizar un estudio detallado del efecto del caudal ecológico aguas abajo.

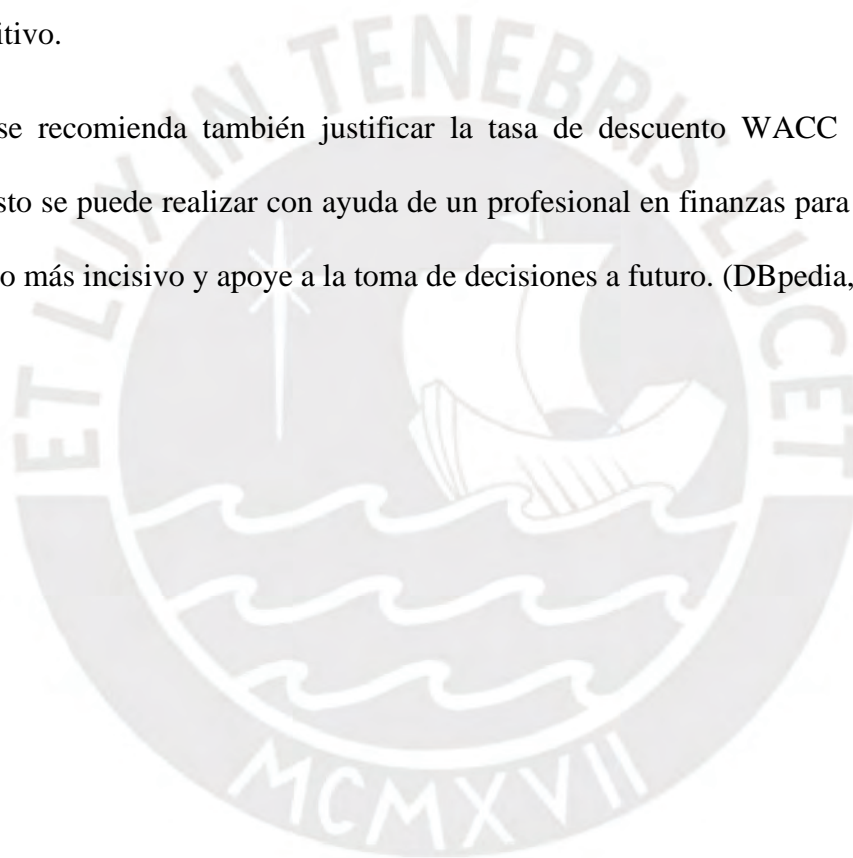
A la fecha del estudio no se ha cumplido con suplir la demanda energética del 5% anual con recursos energéticos renovables. Se recomienda hacer un estudio para evaluar los motivos por relacionados a la falta de renovación de la matriz energética en el país.

Con respecto al diseño de las obras civiles, se recomienda tener en cuenta las dimensiones mínimas mencionadas en cada estudio. Pues, con los datos de la MCH Palcabamba se

obtuvieron resultados menores a los admisibles. Por otro lado, se recomienda verificar el tipo de salida de la tubería forzada en la cámara de carga. Finalmente, no se ha considerado pérdidas por filtración en el canal de conducción. De ser requerido, se recomienda utilizar otros métodos de revestimiento.

Para el diseño del diámetro de la tubería forzada se utilizó métodos elásticos. Se recomienda profundizar en el diseño mediante métodos más preciso como el método de las características. Además, es necesario realizar el diseño de las juntas de expansión en los anclajes para un estudio definitivo.

Finalmente, se recomienda también justificar la tasa de descuento WACC en el análisis financiero. Esto se puede realizar con ayuda de un profesional en finanzas para que se cuente con un estudio más incisivo y apoye a la toma de decisiones a futuro. (DBpedia, 2020)



REFERENCIAS

- Aita, P. G. (2016). *Perú Potencial Energético : Propuestas y Desafíos*.
- Alternate Hydro Energy Centre, I. I. of T. R. (2013). *2.2 and 2.3 Hydraulic and structural design* (Issue July).
- AMBIDES. (2012). *Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) de la Provincia de Cotabambas, Región Apurímac*. (2012). *Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) de la Provincia de Cotabambas, Región Apurímac*.
- Apurimac, G. R. (2013). Estudio de diagnóstico y zonificación de la provincia de cotabambas. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Autoridad Nacional del Agua. (2010a). Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Rímac. *Ministerio de Agricultura, Autoridad Nacional Del Agua y Administración Local de Agua Chillón Rímac Lurín*, I, 226. http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/1_estudio_hidrologico_cuenca_rimac_-_volumen_i_-_texto_-_final_2010_0.pdf
- Autoridad Nacional del Agua. (2010b). *Manual: Criterios De Diseños De Obras Hidraulicas Para La Formulacion De Proyectos Hidraulicos Multisectoriales Y De Afianzamiento Hidrico*.
- Autoridad Nacional del Agua. (2012). *Delimitacion y codificacion Autoridad Nacional del Agua*. 0–104.
- Autoridad Nacional del Agua. (2014). *Balance Hídrico de las Subcuencas de los ríos Salado , Cañipia y Huayllumayo*. 485.

Resolución Jefatural 154-2016-ANA, Pub. L. No. 154–2016 (2016).

BID & OLADE. (1985). *Guía de Diseño de Obras Civiles de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas*. 272. <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0125.pdf>

BPC Hydroconsult, & Action, P. (2002). *Civil Works Guidelines for Micro Hydropower in Nepal*.

CESEL INGENIEROS. (2015). *Estudio de Impacto Ambiental del proyecto: “Central Hidroeléctrica Chilia.” CSL-134500*, 2–4.

Chereque Morán, W. (1989). *Hidrología : para estudiantes de ingeniería civil*. Lima : s.n., 1989.

Chow, V. Te. (1994). *Hidráulica de los canales abiertos*. Santafé de Bogotá [etc.] : McGraw-Hill, 1994.

COES-SINAC. (2019). *Informe de la operación anual del SEIN 2019*. 24.

COES. (2019). *Sistema Eléctrico Interconectado Nacional*. 2036, 1–62.

Consorcio Halcrow Group-OIST S.A. (2011). *Atlas del potencial hidroeléctrico del Perú*.

Coz, F. . . (et. al. . (1995). *Manual de mini y microcentrales hidroeléctricas*. (p. 56).

Dávila, C.; Vilar, D.; Villanueva, G.; Quiroz, L. (2010a). *Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídricos, diseño e instalación de microcentrales hidroeléctricas*.

Dávila, C.; Vilar, D.; Villanueva, G.; Quiroz, L. (2010b). *Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídricos, diseño e instalación de microcentrales hidroeléctricas*.

DBpedia. (2020). *Mapa Politico Cotabambas, Apurimac*. http://es-la.dbpedia.org/page/resource/Provincia_de_Cotabambas

DIRESA Apurimac. (2018). *Análisis de la situación de salud, Apurímac 2017*.

<http://diresaapurimac.gob.pe/media/attachments/2018/09/07/asis2017.pdf>

EP. (2008). *DECRETO LEGISLATIVO DE PROMOCIÓN DE LA INVERSIÓN PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD CON EL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES Decreto Legislativo N° 1002.*

ESHA. (2006). *Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica.*

Espinoza, J. C., & Climatology, H. (2005). *El Método del Vector Regional de Índices Pluviométricos.* 1, 9. <https://ff148839-a-62cb3a1a-sites.googlegroups.com/site/jhancarloespinoza/sitios-de-interes/ElMétododelVectorRegionaldeíndicespluviométricos.pdf?attachauth=ANoY7crg17pYgZjDvGvvN4v7pdNQF2rhJGEO7Z7WYKQZGLPWkAQRwhhJIvheOeuYtNYIUxeKIwJ4Si0vPdLDk7Bw7HL1fkPuk>

Fonseca, S. H. (2018). *Elaboracion de mapas de Isoyetas.*

García Vélez, J. L. (2003). Diseño hidráulico de estructuras. In *Diseño hidráulico de estructuras. Capítulo VI.*

Guzmán, A., & Deyvis, A. (2019). *Estudio de Desarrollo de un Proyecto de Generación Hidroeléctrica.*

IDAE. (2006). Manuales de Energías Renovables 6: Minicentrales Hidroeléctricas. *Instituto Para La Diversificación y Ahorro de Energía*, 180.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). Censo Nacional 2017 - Apurimac. *Censos Económicos*, 1–41. http://www.inr.pt/uploads/docs/recursos/2013/20Censos2011_res_definitivos.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). *Sistema de información geográfica Centros Poblados.* <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>

- Intermediate Technology Development Group, I.-P. (1995). *Manual de mini y microcentrales hidroelectricas Hidraulicas*.
- Mansen Valderrama, A. (2012). Diseño de bocatomas para Centrales Hidroelectricas. In *Universidad Nacional de Ingenieria*.
- MINEM. (2002). *Guia para Declaración de Impacto Ambiental*. 4(57), 11–25.
- MINEM. (2011). *Atlas del potencial hidroeléctrico del Perú*.
- MINEM. (2019). *Decreto Supremo N° 014-2019-EM*.
<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/reglamento-para-la-proteccion-ambiental-en-las-actividades-e-decreto-supremo-n-014-2019-em-1786183-1/>
- Ministerio de Agricultura. (2010). *Ley de Recursos Hídricos y su Relación con los Caudales Ecológicos / Ambientales*.
- Ministerio de Energía y Minas. (2011). *Atlas del potencial hidroeléctrico del Perú*. 50.
- Mongua, M. (2016). *Metodos para el cálculo de la precipitacion media sobre una cuenca hidrografica*. 1–25.
- Nozaki, T. (1980). *Guía para la elaboración de proyectos de pequeñas centrales hidroeléctricas destinadas a la electrificación rural del Perú*. Lima: Ministerio de Energía y Minas, 1980.
- OSINERGMIM. (2014). *Generación Eléctrica con Recursos Energéticos Renovables no Convencionales en el Perú*.
- OSINERGMIM. (2019). *Subasta RER*. <http://www.osinergmin.gob.pe/empresas/energias-renovables/introduccion-energias-renovables/que-son-las-energias-renovables>
- OSINERGMIN. (2016a). *La industria de la electricidad en el Perú*.

http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anos.pdf

OSINERGMIN. (2016b). *La industria de la electricidad en el Perú*.

OSINERGMIN, D. D. S. D. E. (2019). *Supervisión de contratos de proyectos* (Vol. 1).

Paish, O. (2002). Small hydro power: Technology and current status. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6(6), 537–556. [https://doi.org/10.1016/S1364-0321\(02\)00006-0](https://doi.org/10.1016/S1364-0321(02)00006-0)

Pando Casabona, L. G., & Zárate Rivera, O. C. (2016). *Estudio y diseño preliminar para la minicentral hidroeléctrica de Carampoma ubicada en la Cuenca Alta del Río Rímac*.

Pizarra, R. B. (2016). *Evaluación de impacto Ambiental Apurímac 2500*. 51 1.

Ramos Ayala, E., & Vilca Arapa, N. F. (2011). Prospección arqueológica en el Cerro Buenavista Colca-Cotabambas-Apurímac. *Tesis*, 154.

SEIA. (2002). *Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental y su Reglamento*.

Serra, J. (2015). *Propuestas para mejorar los procesos de evaluación ambiental y social de hidroeléctricas en el Perú*.

Sierra Vargas, F. E., Sierra Alarcon, A. F., & Guerrero Fajardo, C. A. (2011). Pequeñas y microcentrales hidroeléctricas: alternativa real de generación eléctrica. *Informador Técnico, Ed. 75*, 73–85.

Vega, B. D. la. (2018). *Energías renovables: ¿Qué oportunidades tienen en el Perú?*
<https://perspectivasperu.ey.com/2018/04/02/energias-renovables-oportunidades-tienen-peru/>

ANEXOS

DISEÑO PRELIMINAR DE UNA MINI CENTRAL HIDROELECTRICA UBICADA EN LA INTERCUENCA ALTO
APURÍMAC EN EL DISTRITO DE COTABAMBAS –
M.C.H. PALCABAMBA



Contenido

Marco Legal.....	4
P-1 - PLANO DE UBICACIÓN	5
P-2 - BOCATOMA - PLANTA E ISOMÉTRICO	6
P-3 - BOCATOMA - CORTES.....	7
P-4 - DESARENADOR - PLANTA E ISOMÉTRICO	8
P-5 - DESARENADOR - CORTES.....	9
P-6 - CANAL DE CONDUCCIÓN	10
P-7 - CÁMARA DE CARGA - PLANTA E ISOMÉTRICO	11
P-8 - CÁMARA DE CARGA - CORTES.....	12
P-9 - TUBERÍA FORZADA - PLANTA Y PERFIL.....	13
P-10 - ANCLAJES TÍPICOS	14
P-11 - APOYOS TÍPICOS	15
P-12 - CASA DE MÁQUINAS - PLANTA E ISOMÉTRICO.....	16
Registro Pluviométrico Estación Acomayo.....	17
Registro Pluviométrico Estación Virtual 1.....	18
Registro Pluviométrico Estación Virtual 2.....	18
Registro Pluviométrico Estación Virtual 3.....	19
Registro Pluviométrico Estación Virtual 4.....	19
Registro Pluviométrico Estación Chinchayllapa	20
Registro Pluviométrico Estación Combapata.....	21
Registro Pluviométrico Estación Livitaca	22
Registro Pluviométrico Estación Santo Tomas	23
Registro Pluviométrico Estación Sicuani	24
Registro Pluviométrico Estación Carahuasi	25
Registro Pluviométrico Estación Cay.....	26
Registro Pluviométrico Estación Ccatcca	27
Registro Pluviométrico Estación Colquepata.....	28
Registro Pluviométrico Estación Granja Kcayra.....	29
Registro Pluviométrico Estación Paruro	30
Registro Pluviométrico Estación Pisac.....	31
Registro Pluviométrico Estación Pomacanchi.....	32
Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de enero.....	33
Isoyetas mensuales para el mes de enero.....	33
Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de febrero	34
Isoyetas mensuales para el mes de febrero	34
Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de marzo.....	35
Isoyetas mensuales para el mes de marzo	35
Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de abril	36
Isoyetas mensuales para el mes de abril	36

Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de mayo.....	37
Isoyetas mensuales para el mes de mayo.....	37
Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de junio	38
Isoyetas mensuales para el mes de junio	38
Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de Julio.....	39
Isoyetas mensuales para el mes de Julio.....	39
Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de agosto	40
Isoyetas mensuales para el mes de agosto	40
Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de septiembre	41
Isoyetas mensuales para el mes de septiembre.....	41
Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de octubre.....	42
Isoyetas mensuales para el mes de octubre	42
Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de noviembre	43
Isoyetas mensuales para el mes de noviembre	43
Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de diciembre.....	44
Isoyetas mensuales para el mes de diciembre	44
Gráfico de pendientes y curso principal en cuenca Huayllumayo.....	45
Caudales de la cuenca Huayllumayo	46
Precipitaciones de la cuenca Huayllumayo	47
Tarifa por tipo de tecnología Primera subasta RER	48
Tarifa por tipo de tecnología Segunda subasta RER	49
Tarifa por tipo de tecnología Tercera subasta RER.....	49
Tarifa por tipo de tecnología Cuarta subasta RER	50
Caudales acumulados en m ³ /s y Porcentaje de caudal Excedido Para Curva de Duración acumulado.....	51
Caudales por Mes para Curva de Duración en m ³ /s mensual	52
Porcentaje de caudal Excedido Para Curva de Duración mensual	53
Cálculo del diámetro de tubería Forzada económicamente óptimo	54
Lista detallada de Anclajes cálculo inicial	55
Lista detallada de Apoyos cálculo inicial	56
Elección de turbina hidráulica (adaptación de Dávila, C.; Vilar, D.; Villanueva, G.; Quiroz, 2010).....	57
Elección de área de casa de máquinas (adaptación de Nozaki, 1980).....	57

Marco Legal

DL-1001-Regula la inversión en Sistemas Eléctricos Rurales en zonas de concesión

DL-1002-Promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables

D Ley-25844-Ley de Concesiones Eléctricas

D Ley-28749-Ley General de Electrificación Rural

DS-005-2006-Licencia de uso de agua para fines de generación de energía hidroeléctrica

DS-009-93-EM-Reglamento Ley de concesiones Eléctrica

DS-012-2011-EM-Reglamento de la generación de electricidad con energías

DS-020-2013-EM Reglamento para la promoción de la inversión de energía en áreas no conectadas

DS-025-2007-EM-Concordado Ley General de electrificación Rural

DS-027-2007-EM - Reglamento de Transmisión

DS-048-2007-EM-Reglamento respecto a la autorización del uso de agua con fines de generación de energía eléctrica

RD-090-2011-EM-DGE-Procedimiento para la Calificación de los Sistemas Eléctricos Rurales

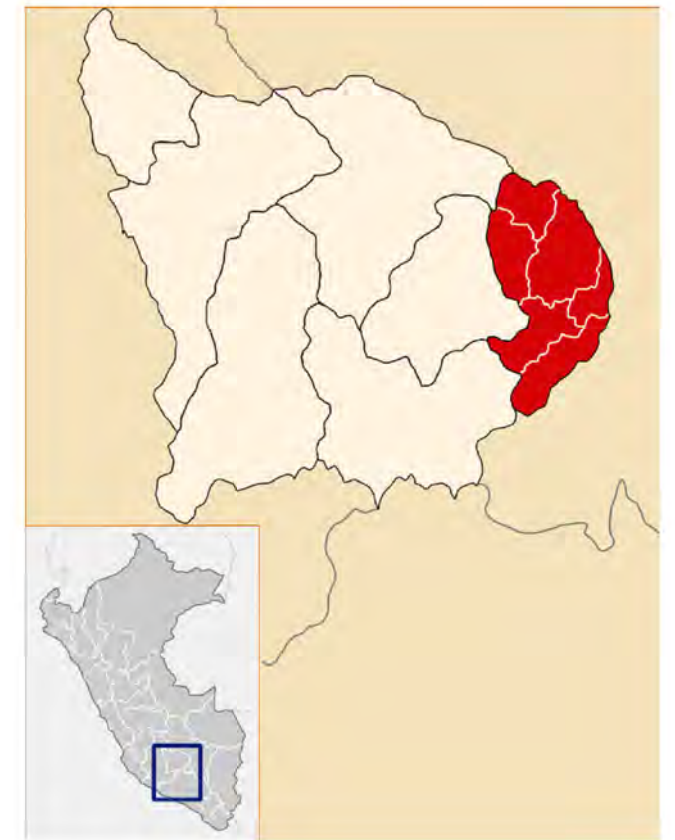
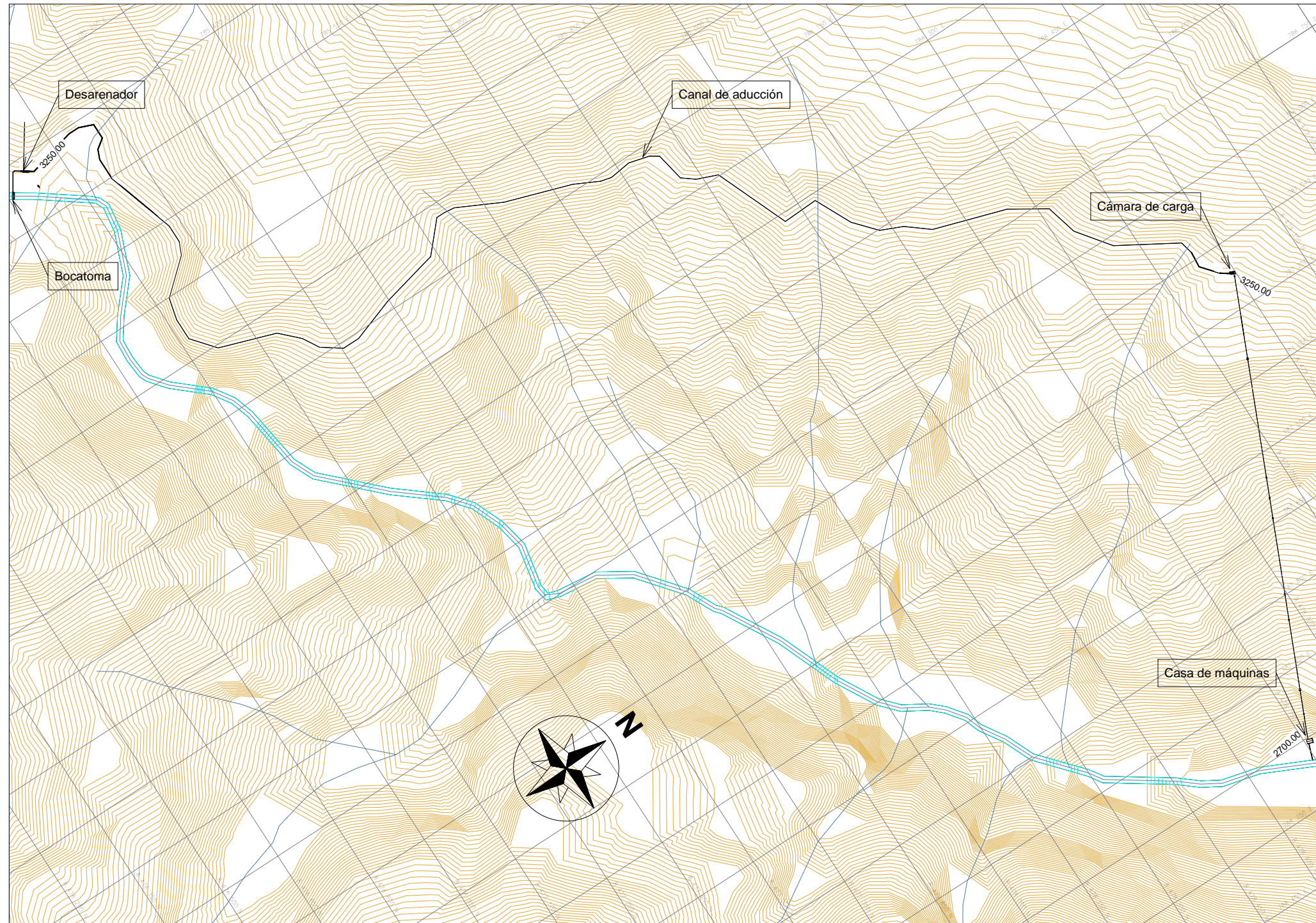
D Ley-27446-Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental

DL-1078-Modificatoria de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental

DS-019-2009-MINAM-Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental

RM-239-2010-MINAM-Procedimiento denominado “Disposiciones para la revisión aleatoria de Estudios de Impacto Ambiental aprobados por las Autoridades Competentes”


RM-57-2011-MINAM-Aprueban primera actualización del listado de inclusión de los proyectos de inversión sujetos al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental

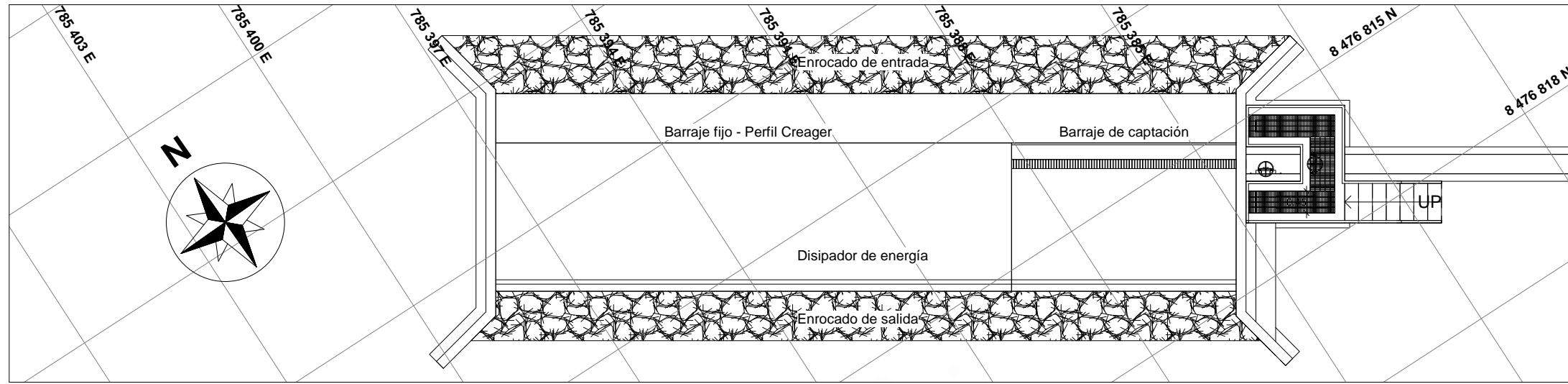


LEYENDA	
	Curvas de nivel
	Río Pisonay
	Obras civiles

PLANTA GENERAL
1:10000

20/06/2021 23:00:07

 PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ	Proyecto "DISEÑO PRELIMINAR DE LA MICRO CENTRAL HIDROELECTRICA PALCABAMBA"		
	Lámina PLANO DE UBICACIÓN	P-1	
	Profesionales FRANK LLAVE GARCÍA CHIYTO HUANG HU		Fecha JUNIO 2021
	Asesor MANUEL GARCIA NARANJO BUSTOS		Escala As indicated



TOMA TIROLESA - PLANTA

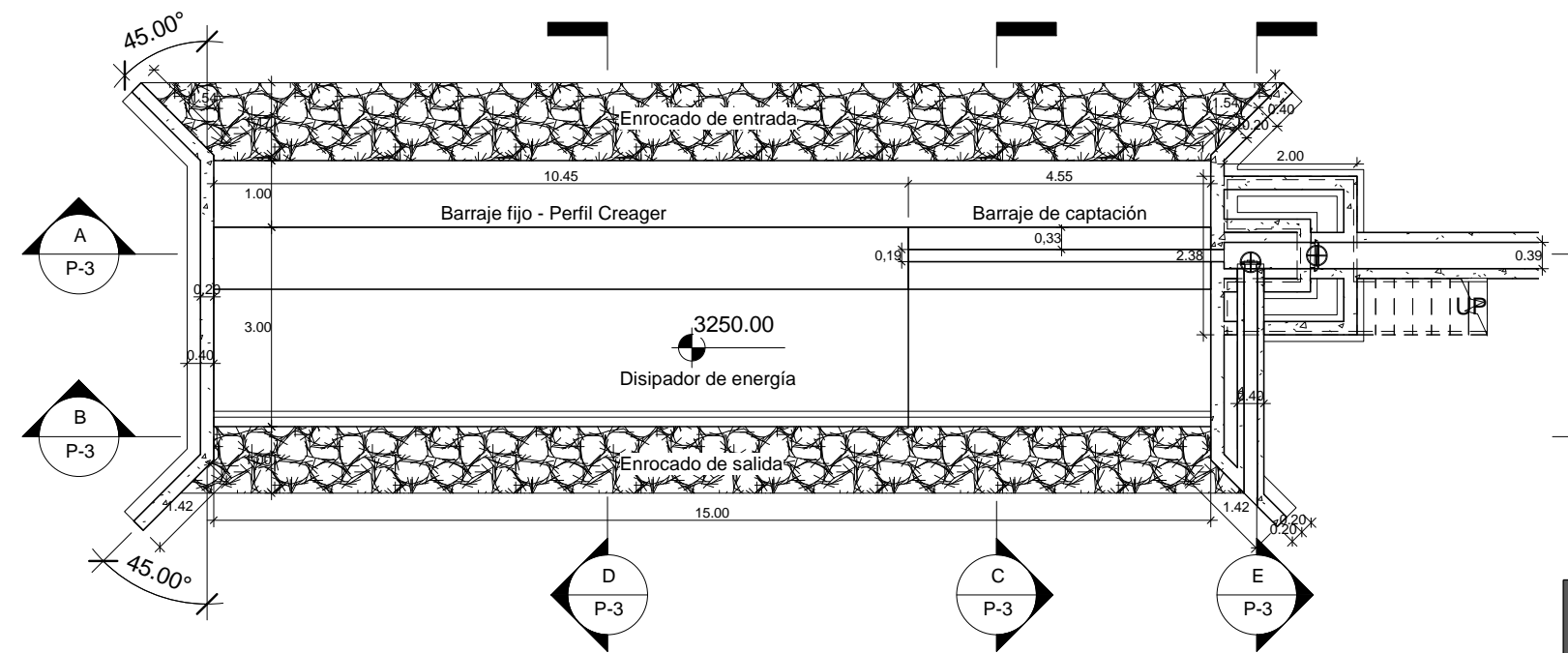
1:100



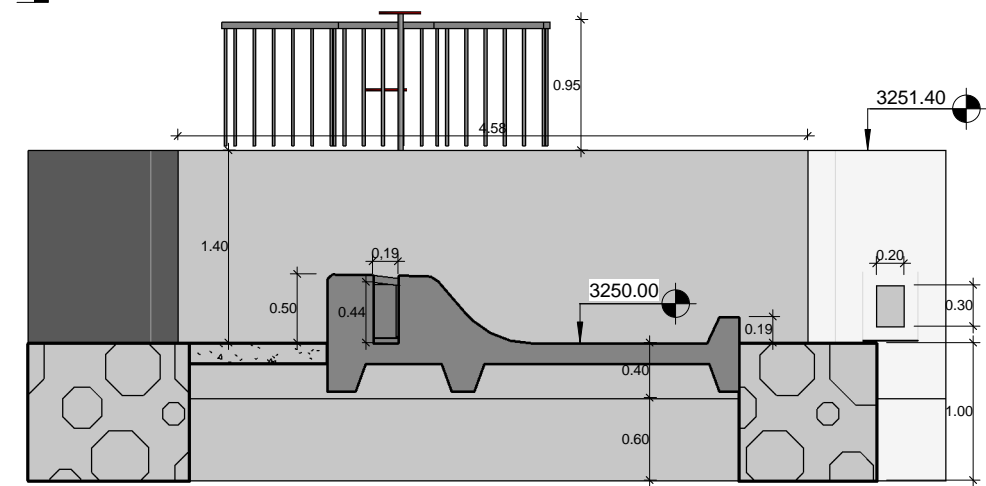
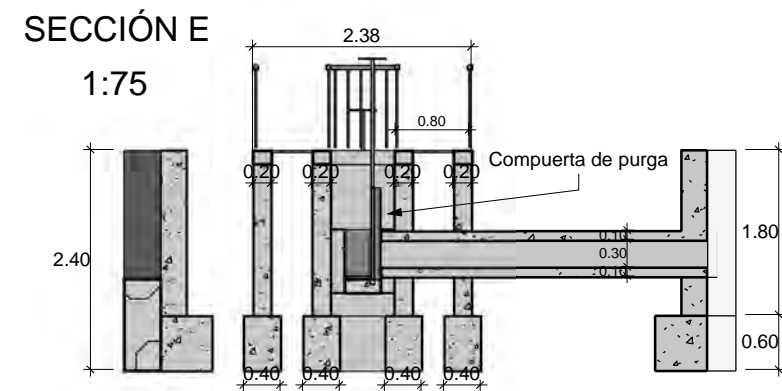
TOMA TIROLESA - 3D

<p>PUCP PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</p>	Proyecto "DISEÑO PRELIMINAR DE LA MICRO CENTRAL HIDROELECTRICA PALCABAMBA"		P-2
	Lámina BOCATOMA - PLANTA E ISOMÉTRICO		
	Profesionales FRANK LLAVE GARCÍA CHIYTO HUANG HU	Fecha JUNIO 2021	
	Asesor MANUEL GARCIA NARANJO BUSTOS	Escala 1 : 100	

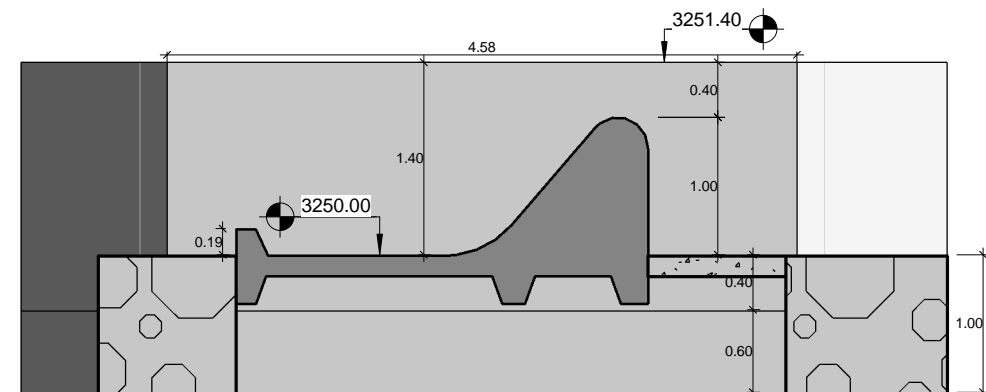
20/06/2021 23:00:17



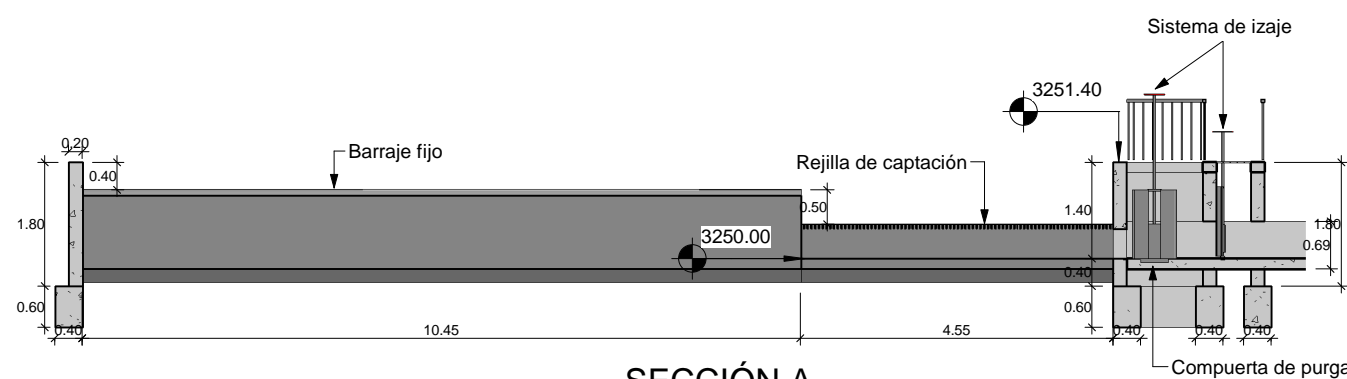
TOMA TIROLESA - PLANTA
1:100



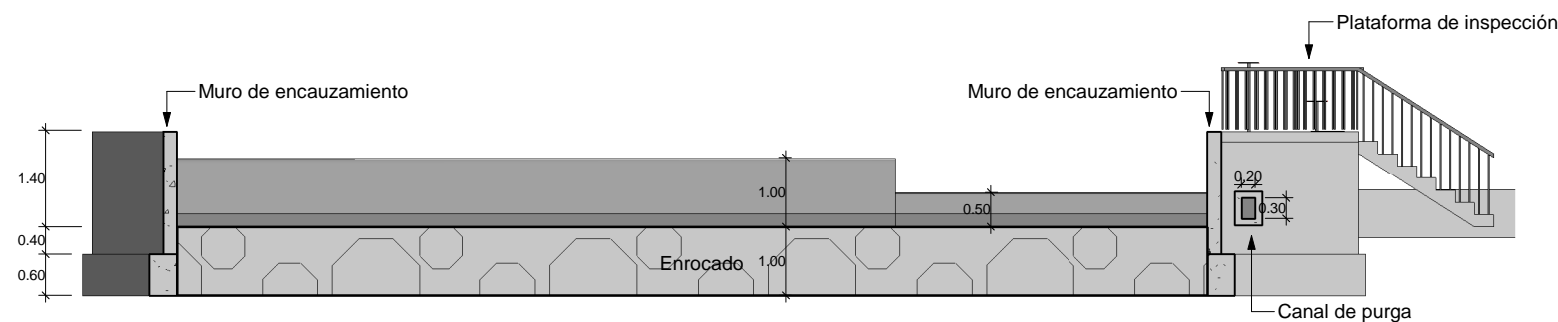
SECCIÓN C
1:50



SECCIÓN D
1:50




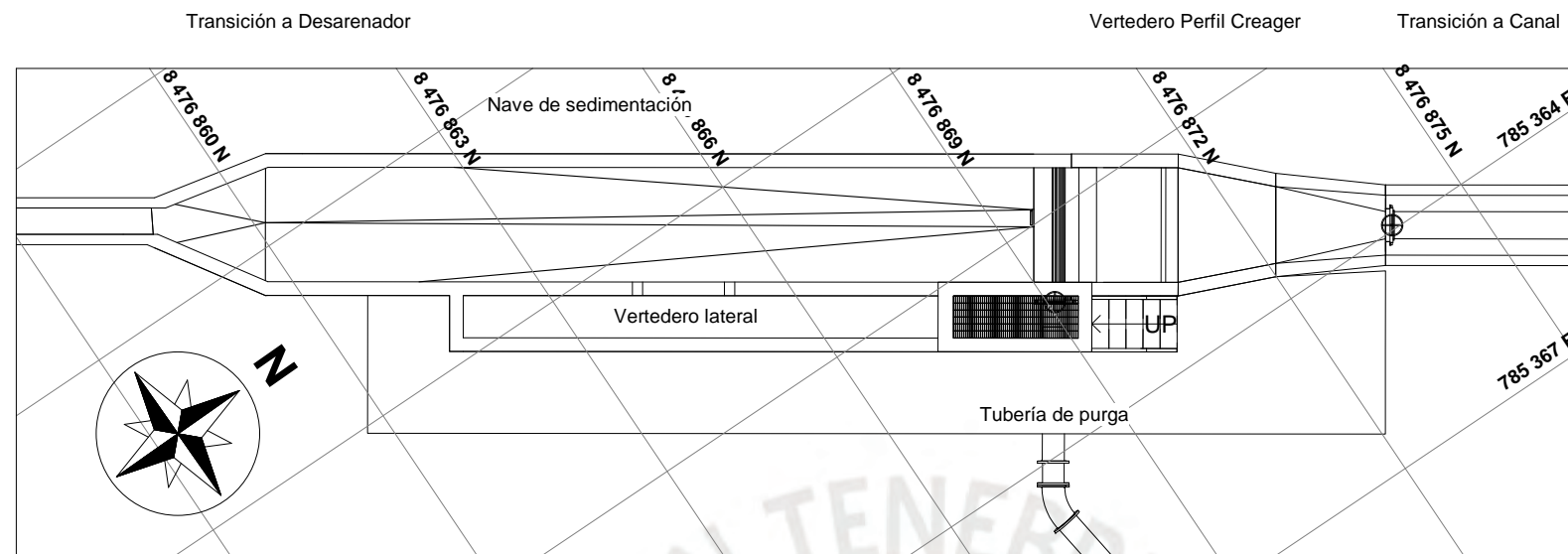
SECCIÓN A
1:100



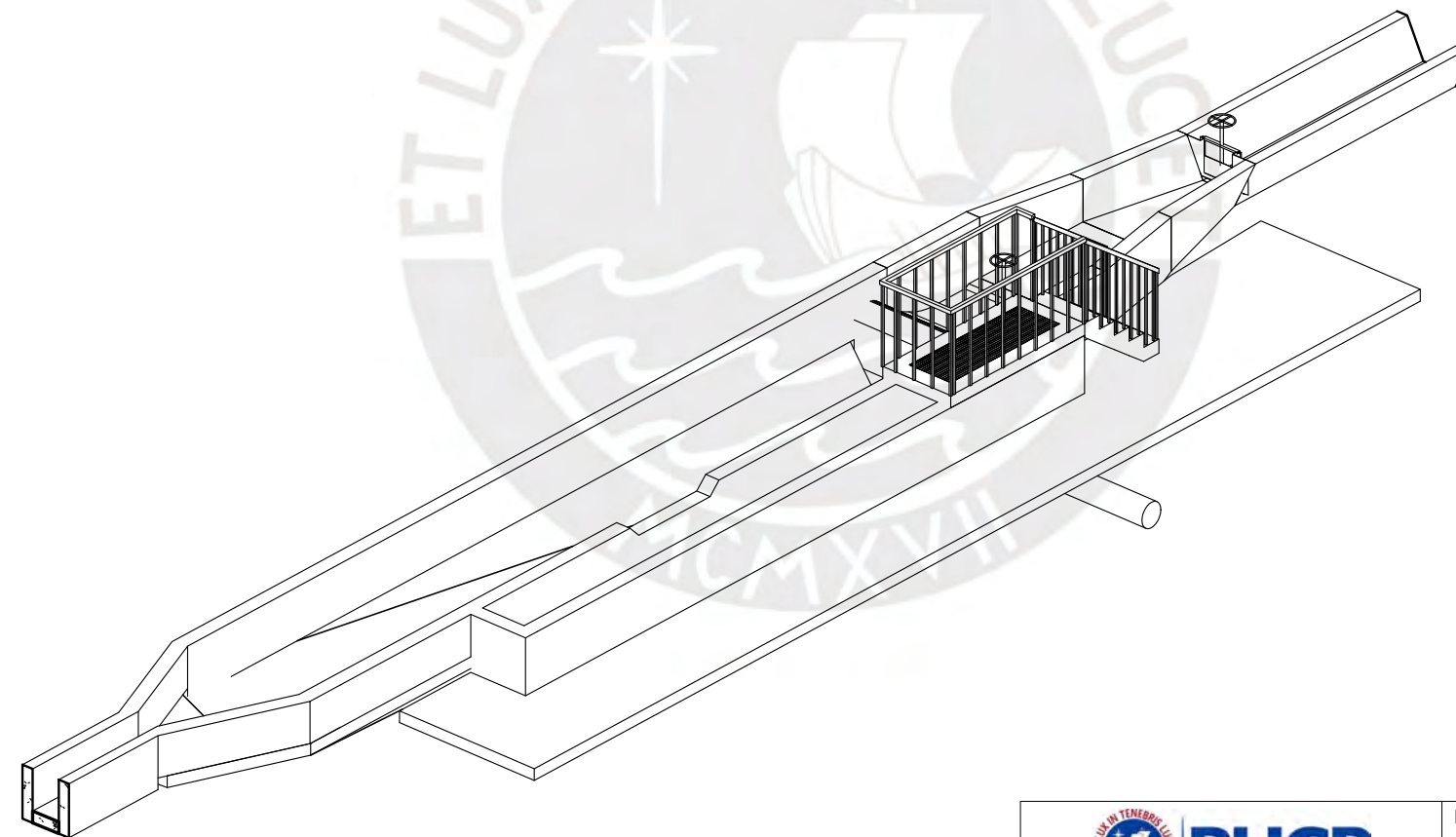
SECCIÓN B
1:100

20/06/2021 23:00:27

 PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ	Proyecto "DISEÑO PRELIMINAR DE LA MICRO CENTRAL HIDROELECTRICA PALCABAMBA"	
	Lámina BOCATOMA - CORTES	P-3
Profesionales FRANK LLAVE GARCÍA CHIYTO HUANG HU	Fecha JUNIO 2021	
Asesor MANUEL GARCIA NARANJO BUSTOS	Escala As indicated	




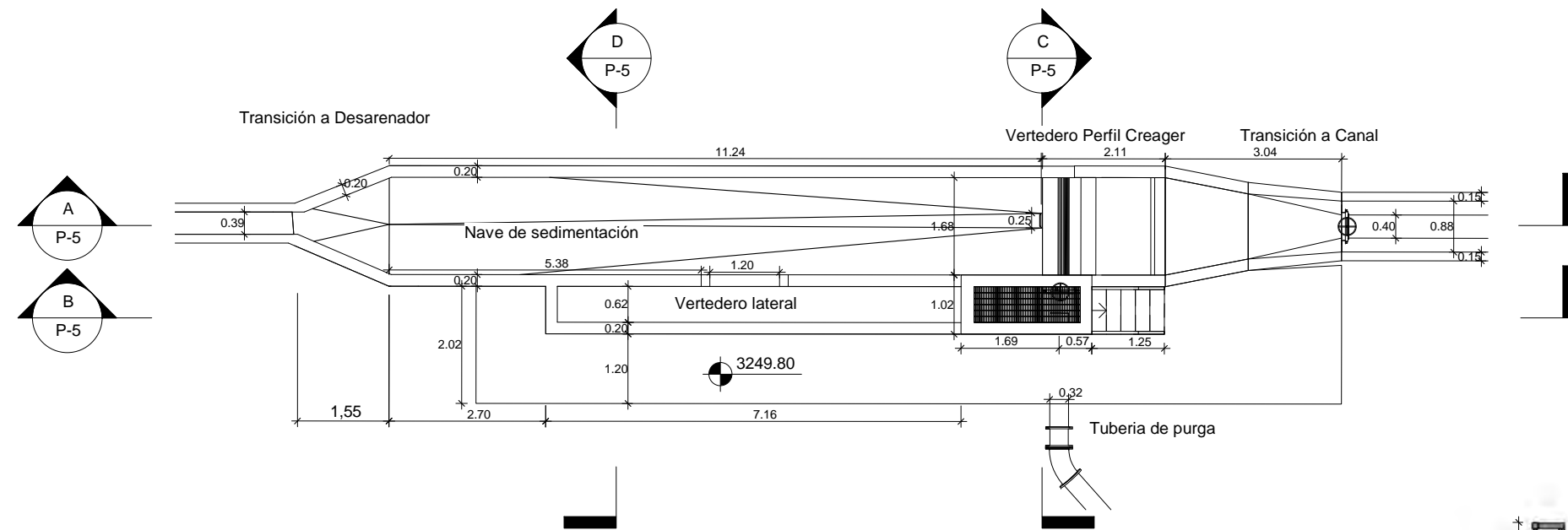
DESARENADOR - PLANTA
1:100



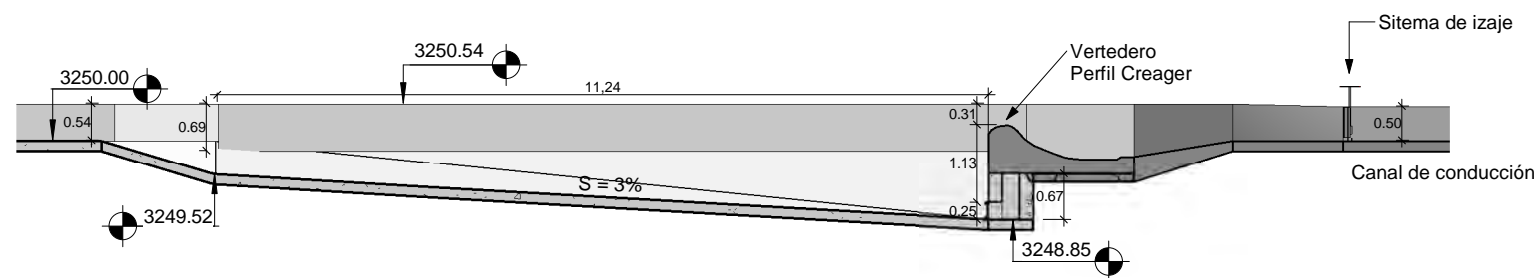
DESARENADOR - 3D

20/06/2021 23:00:36

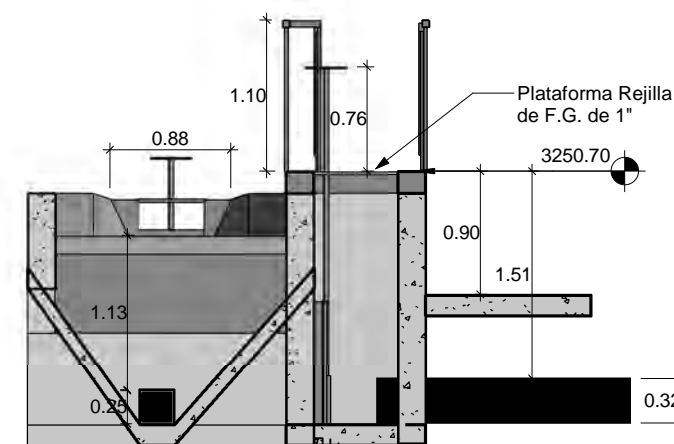
 PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ	Proyecto "DISEÑO PRELIMINAR DE LA MICRO CENTRAL HIDROELECTRICA PALCABAMBA"	
	Lámina DESARENADOR - PLANTA E ISOMÉTRICO	P-4
	Profesionales FRANK LLAVE GARCÍA CHIYTO HUANG HU	
Asesor MANUEL GARCIA NARANJO BUSTOS	Escala 1 : 100	



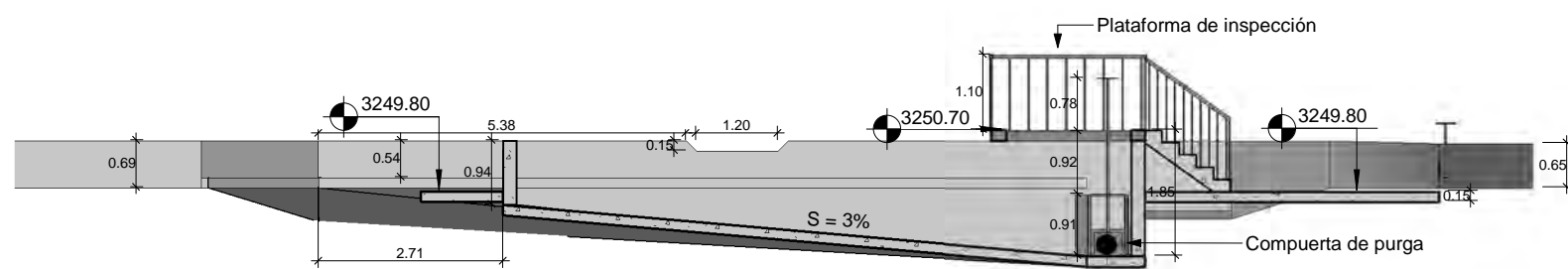
DESARENADOR - PLANTA
1:100



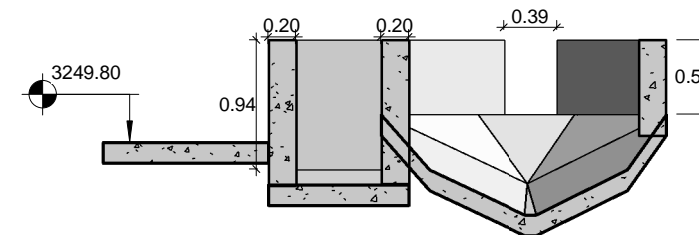
SECCIÓN A
1:100



SECCIÓN C
1:50



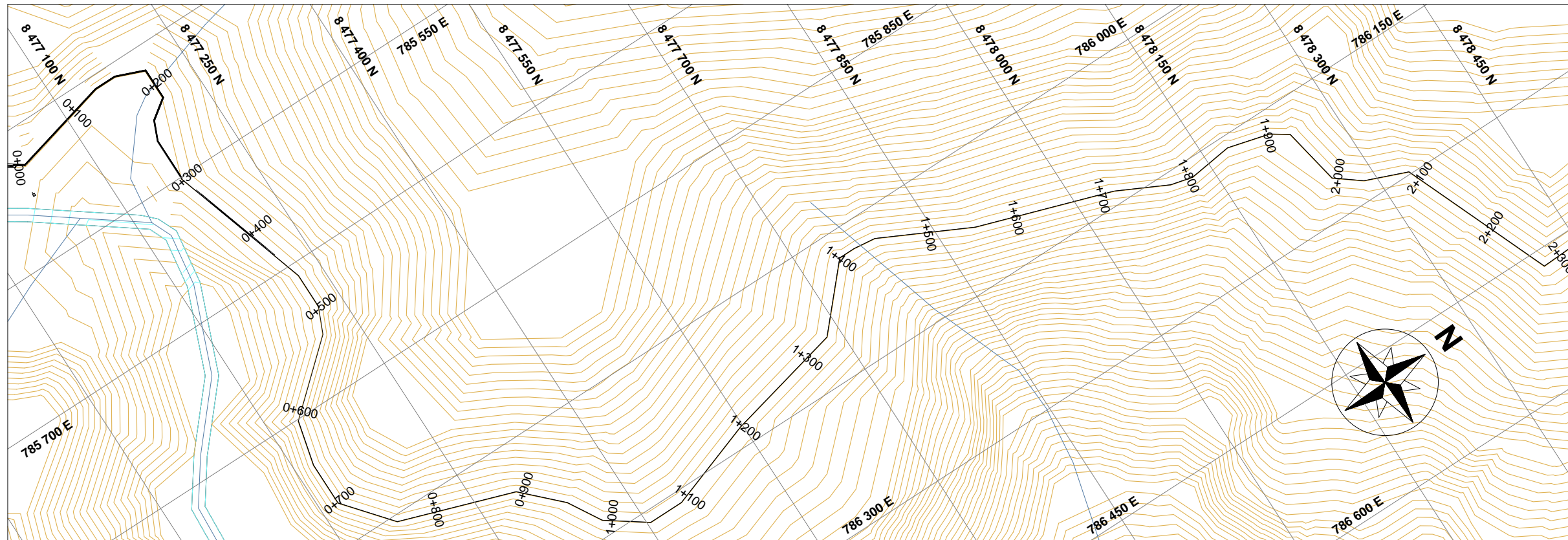
SECCIÓN B
1:100



SECCIÓN D
1:50

20/06/2021 23:00:45

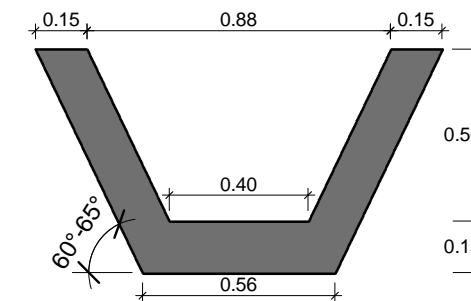
<p>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</p>	Proyecto "DISEÑO PRELIMINAR DE LA MICRO CENTRAL HIDROELECTRICA PALCABAMBA"	
	Lámina DESARENADOR - CORTES	<h1>P-5</h1>
Profesionales FRANK LLAVE GARCÍA CHIYTO HUANG HU	Fecha JUNIO 2021	
Asesor MANUEL GARCIA NARANJO BUSTOS	Escala As indicated	



CANAL DE CONDUCCIÓN - PLANTA
 PROGRESIVAS 0+000 AL 2+300
 1:5000



CANAL DE CONDUCCIÓN - PLANTA
 PROGRESIVAS 2+300 AL 3+500
 1:5000

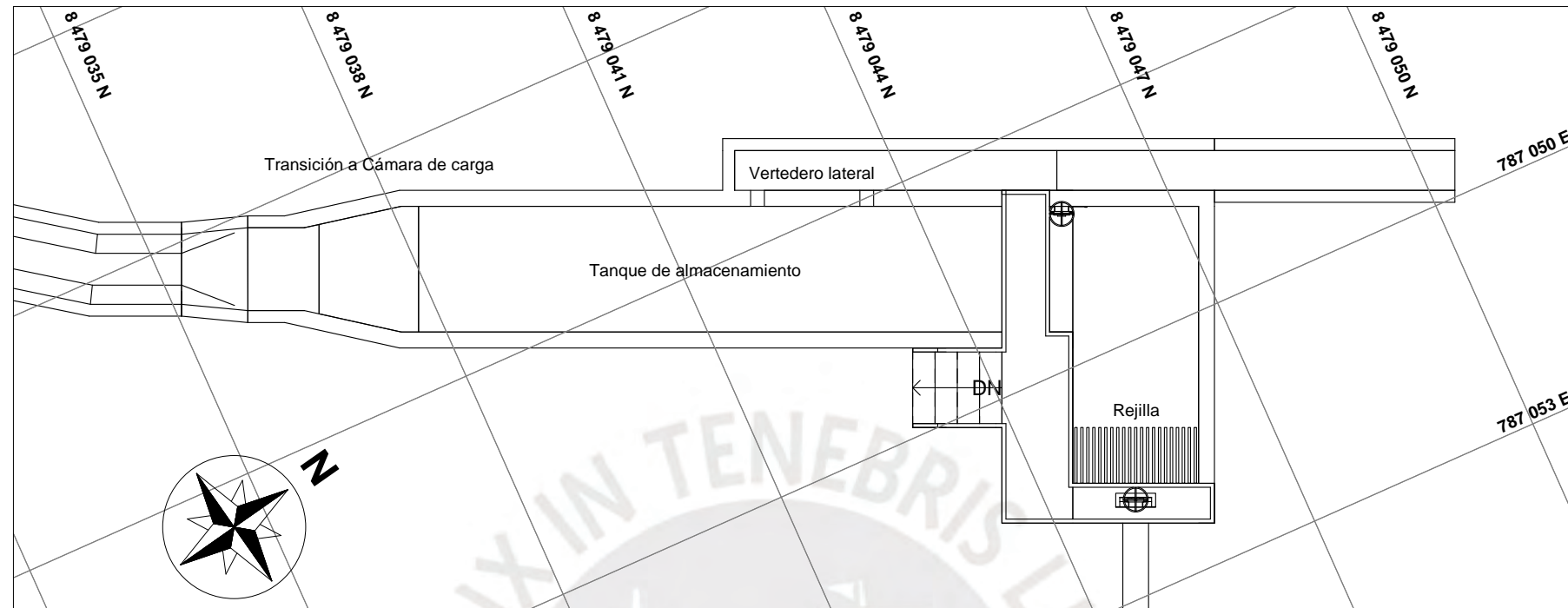


SECCIÓN CANAL
 1:20

LEYENDA	
	Curvas de nivel
	Río Pisonay
	Obras civiles

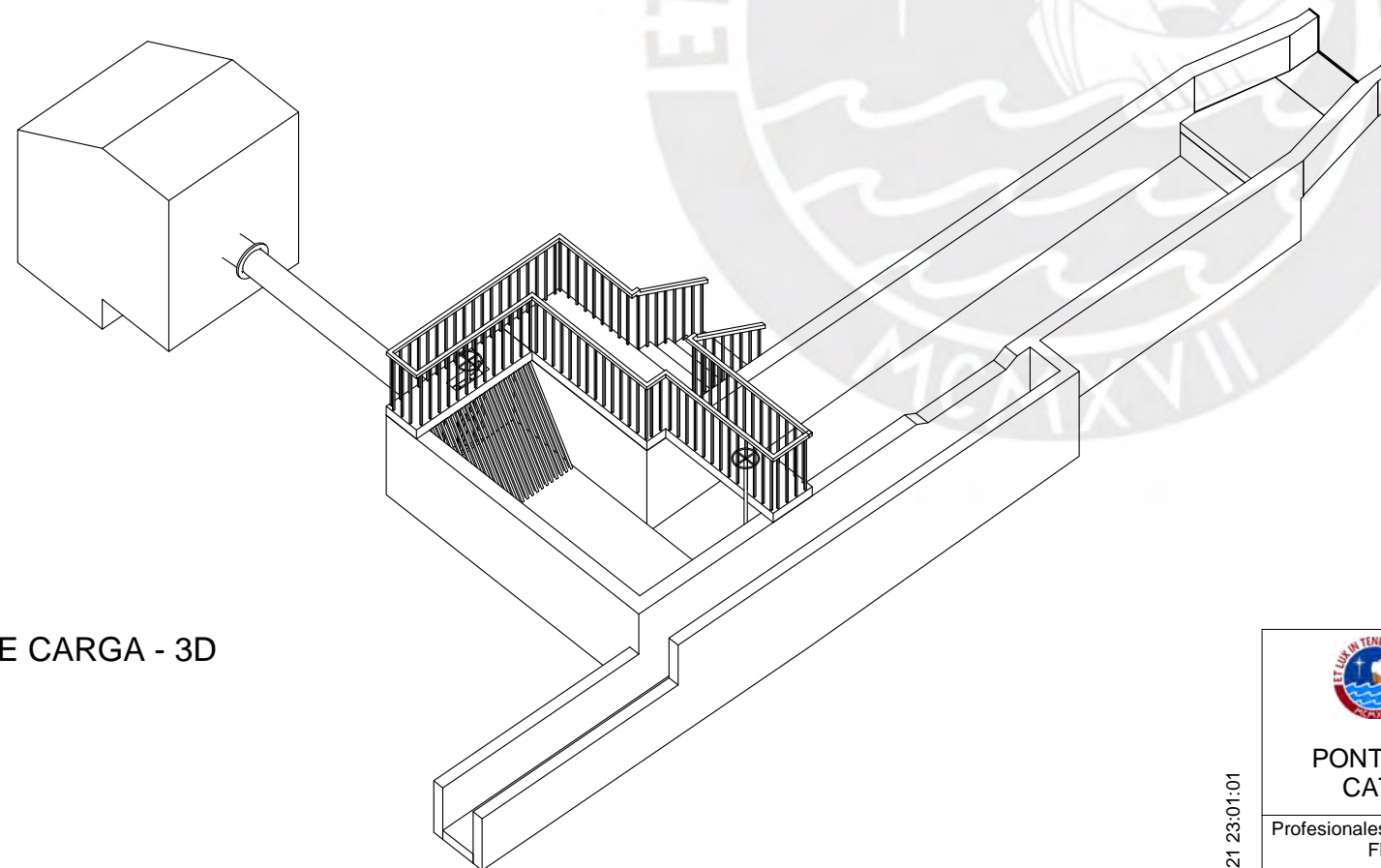
20/06/2021 23:00:55

 PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ	Proyecto "DISEÑO PRELIMINAR DE LA MICRO CENTRAL HIDROELECTRICA PALCABAMBA"	<h1>P-6</h1>
	Lámina CANAL DE CONDUCCIÓN	
Profesionales FRANK LLAVE GARCÍA CHIYTO HUANG HU	Fecha JUNIO 2021	
Asesor MANUEL GARCIA NARANJO BUSTOS	Escala As indicated	



CÁMARA DE CARGA - PLANTA

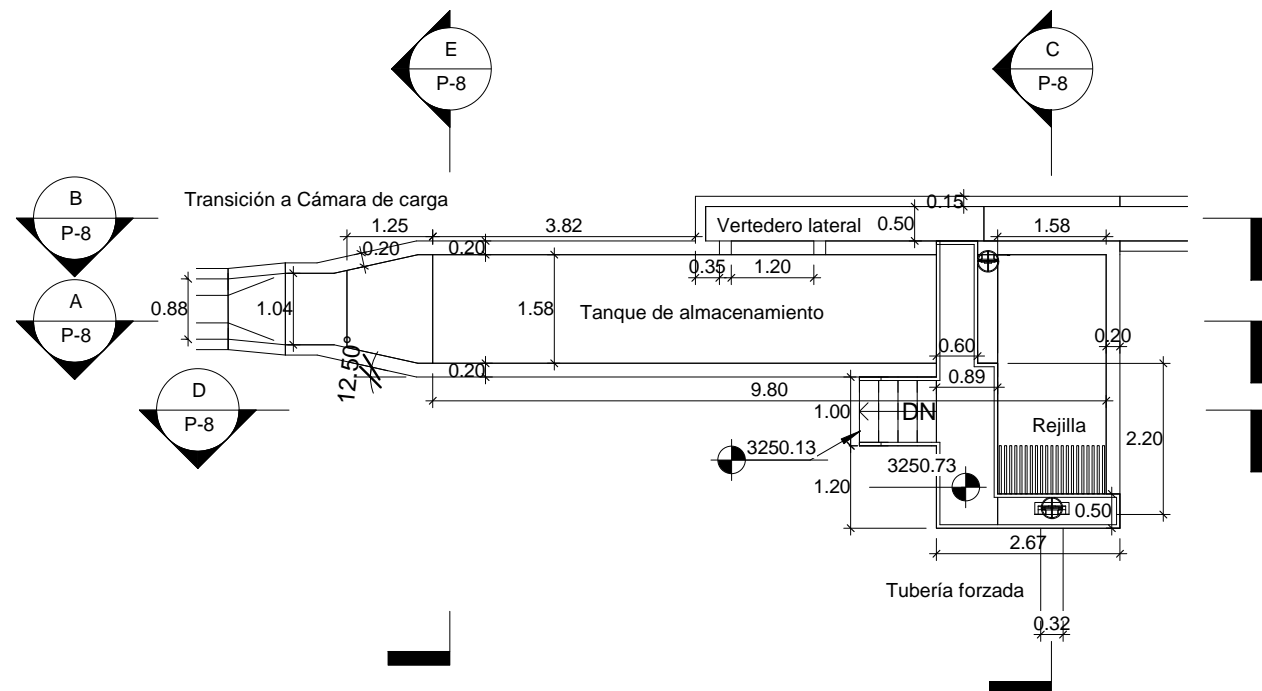
1:100



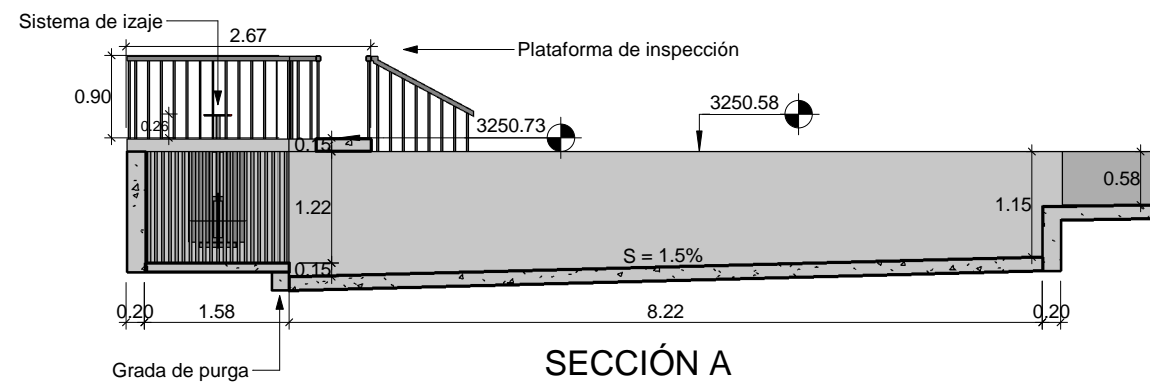
CÁMARA DE CARGA - 3D

20/06/2021 23:01:01

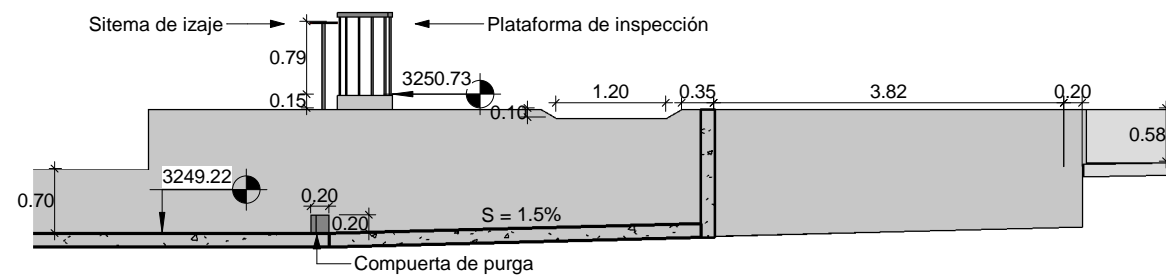
<p>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</p>	Proyecto "DISEÑO PRELIMINAR DE LA MICRO CENTRAL HIDROELECTRICA PALCABAMBA"	
	Lámina CÁMARA DE CARGA - PLANTA E ISOMÉTRICO	P-7
	Profesionales FRANK LLAVE GARCÍA CHIYTO HUANG HU	
Asesor MANUEL GARCIA NARANJO BUSTOS	Escala 1 : 75	



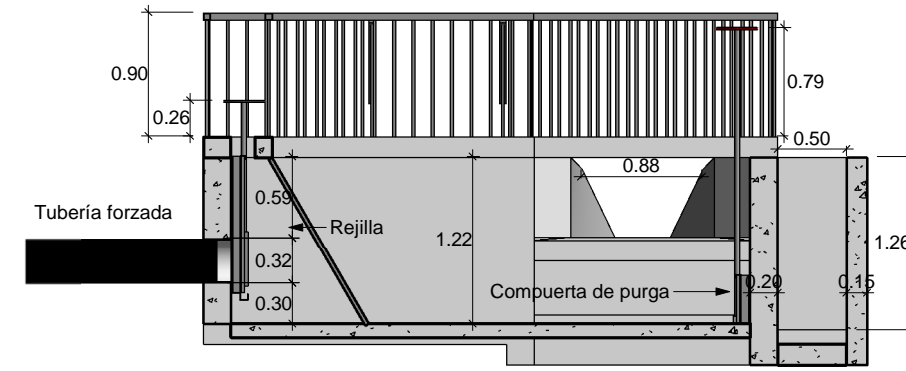
CÁMARA DE CARGA - PLANTA
1:100



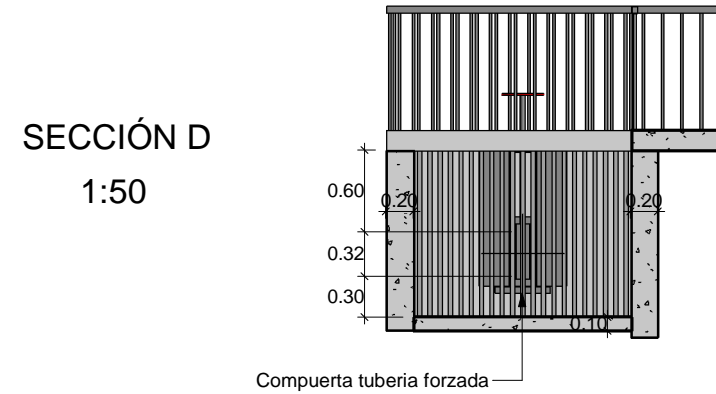
SECCIÓN A
1:75



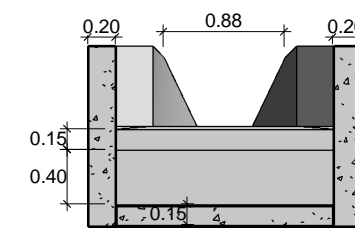
SECCIÓN B
1:75



SECCIÓN C
1:50




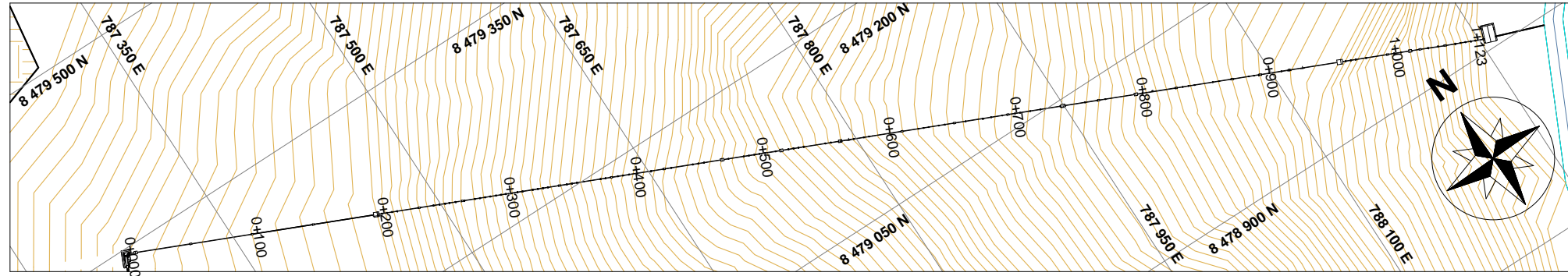
SECCIÓN D
1:50



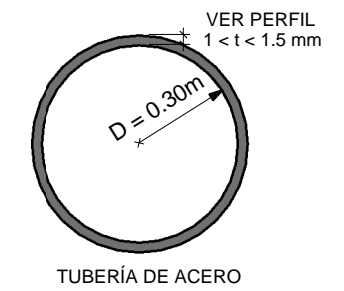
SECCIÓN E
1:50

20/06/2021 23:01:14

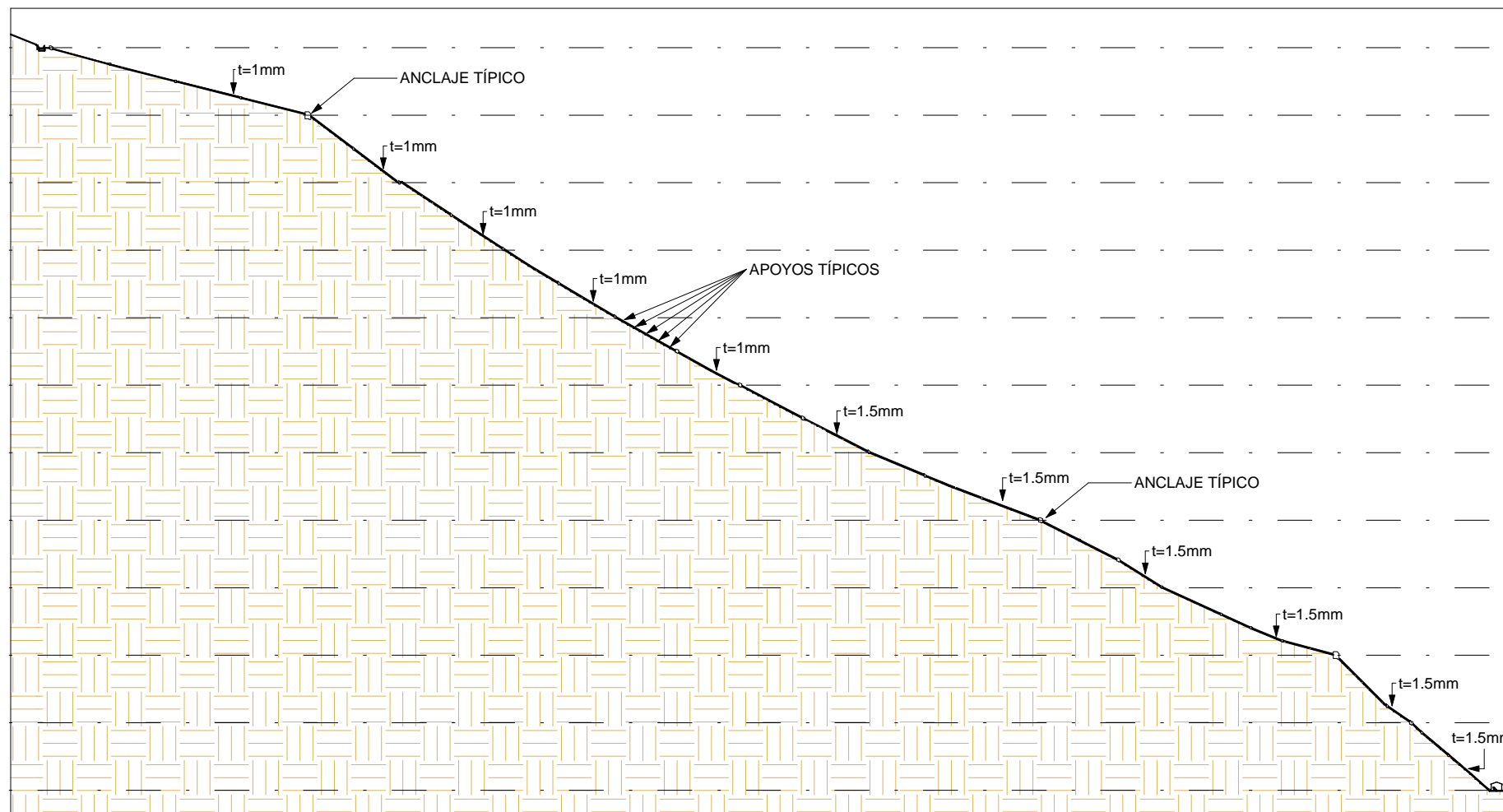
 PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ	Proyecto "DISEÑO PRELIMINAR DE LA MICRO CENTRAL HIDROELECTRICA PALCABAMBA"	
	Lámina CÁMARA DE CARGA - CORTES	P-8
Profesionales FRANK LLAVE GARCÍA CHIYTO HUANG HU	Fecha JUNIO 2021	
Asesor MANUEL GARCIA NARANJO BUSTOS	Escala As indicated	



TUBERÍA FORZADA - PLANTA
PROGRESIVAS 0+000 AL 2+300
1:4000



SECCIÓN TUBERÍA
1:20



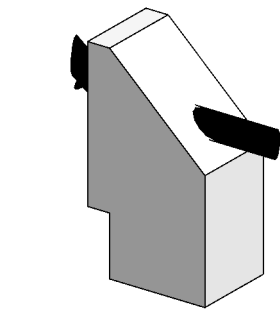
- Nivel 14 3250.00
- Nivel 13 3200.00
- Nivel 12 3150.00
- Nivel 11 3100.00
- Nivel 10 3050.00
- Nivel 9 3000.00
- Nivel 8 2950.00
- Nivel 7 2900.00
- Nivel 6 2850.00
- Nivel 5 2800.00
- Nivel 4 2750.00
- Nivel 3 2700.00

TUBERÍA FORZADA - PERFIL
1:4000

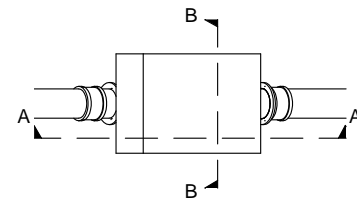
LEYENDA	
	Curvas de nivel
	Río Pisonay
	Obras civiles

20/06/2021 23:01:26

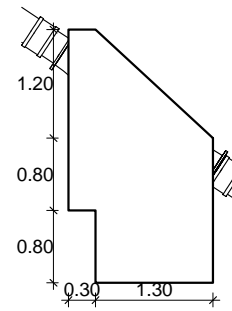
 PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ	Proyecto "DISEÑO PRELIMINAR DE LA MICRO CENTRAL HIDROELECTRICA PALCABAMBA"	<h1>P-9</h1>
	Lámina TUBERÍA FORZADA - PLANTA Y PERFIL	
Profesionales FRANK LLAVE GARCÍA CHIYTO HUANG HU	Fecha JUNIO 2021	
Asesor MANUEL GARCIA NARANJO BUSTOS	Escala As indicated	



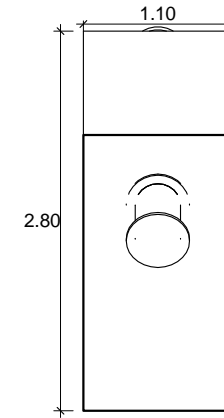
ANCLAJE TÍPICO "A"
1:75



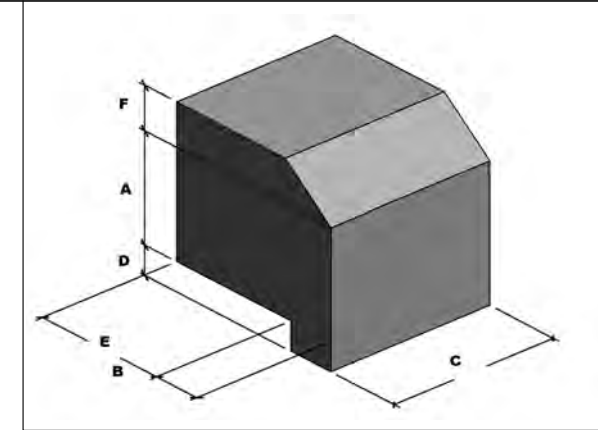
PLANTA A.T. "A"
1:75



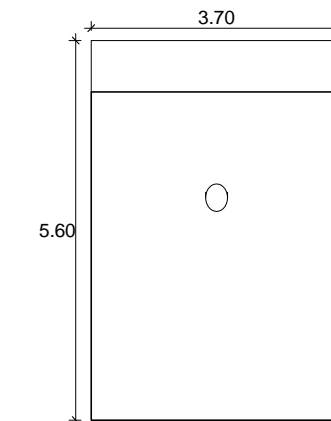
CORTE A-A
1:50



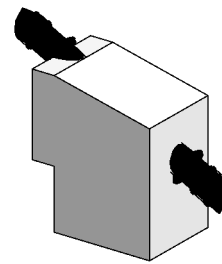
CORTE B-B
1:50



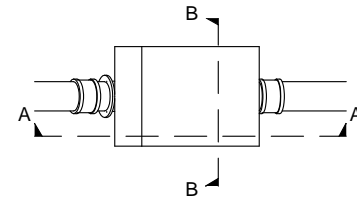
ANCLAJE "D"



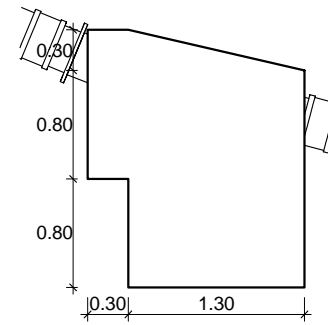
CORTE B-B
1:100



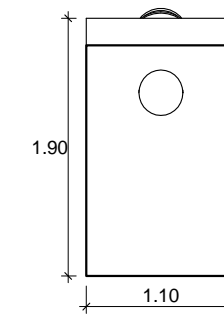
ANCLAJE TÍPICO "B"
1:75



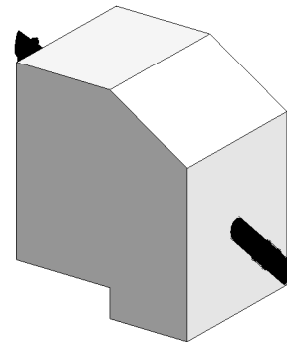
PLANTA A.T. "B"
1:75



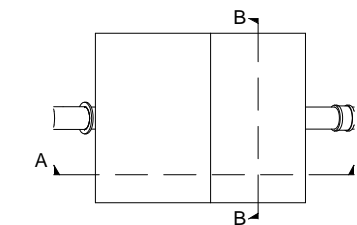
CORTE A-A
1:50



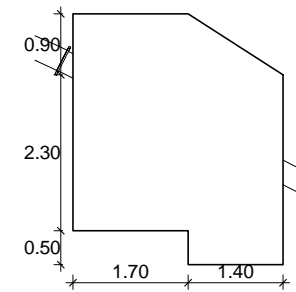
CORTE B-B
1:50



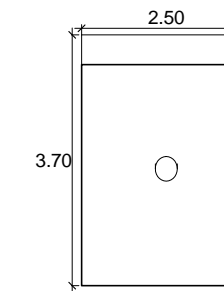
ANCLAJE TÍPICO "C"
1:100



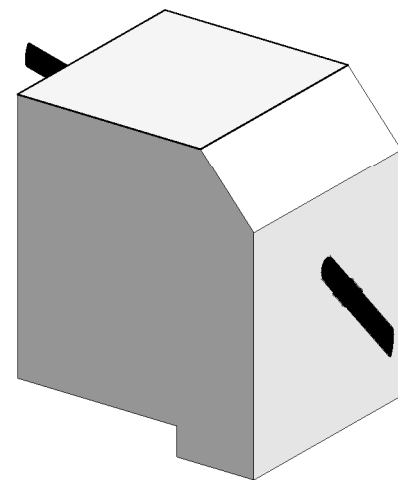
PLANTA A.T. "C"
1:100



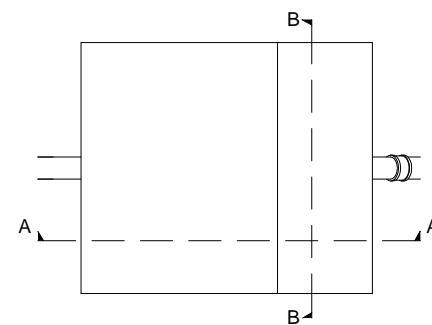
CORTE A-A
1:100



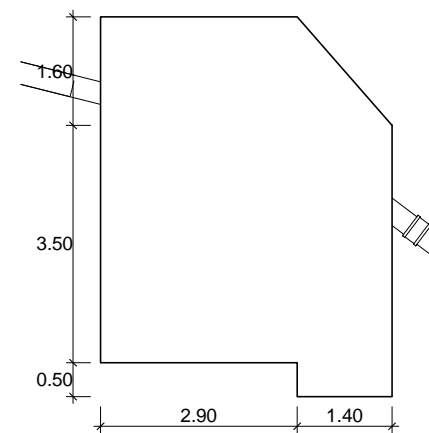
CORTE B-B
1:100



ANCLAJE TÍPICO "D"
1:100




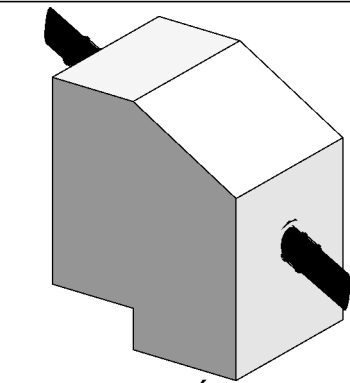
PLANTA A.T. "D"
1:100



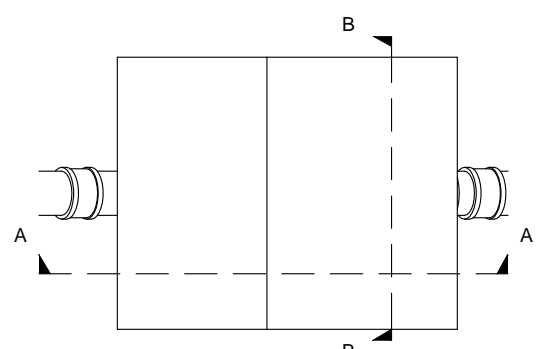
CORTE A-A
1:100

20/06/2021 23:01:42

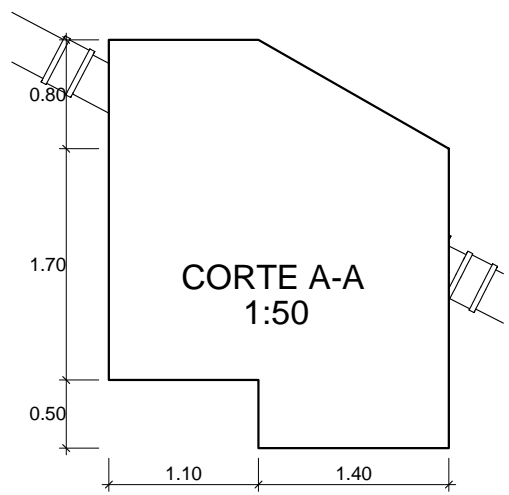
 PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ	Proyecto "DISEÑO PRELIMINAR DE LA MICRO CENTRAL HIDROELECTRICA PALCABAMBA"	
	Lámina ANCLAJES TÍPICOS	P-10
Profesionales FRANK LLAVE GARCÍA CHIYTO HUANG HU	Fecha JUNIO 2021	
Asesor MANUEL GARCIA NARANJO BUSTOS	Escala As indicated	



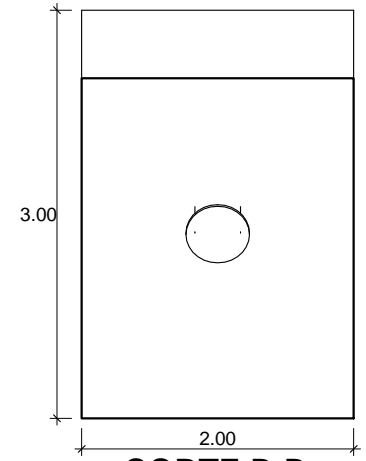
ANCLAJE TÍPICO "E"
1:75



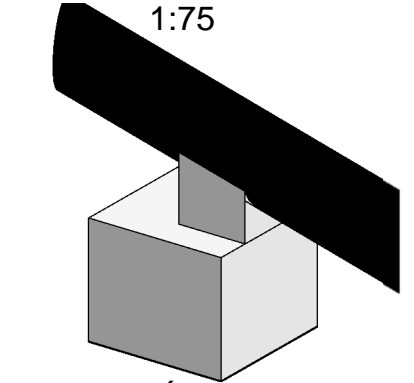
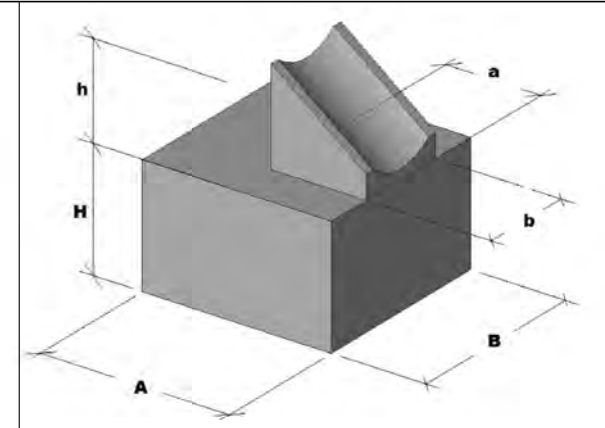
PLANTA A.T. "E"
1:50



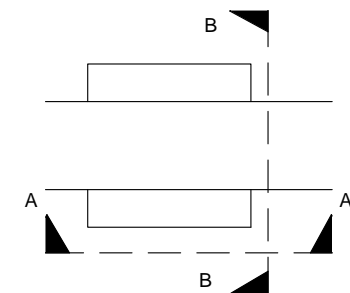
CORTE A-A
1:50



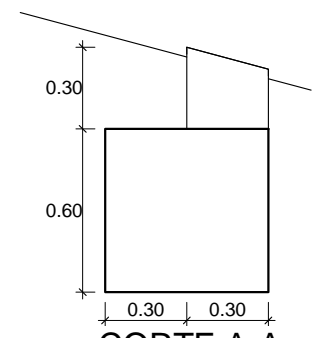
CORTE B-B
1:50



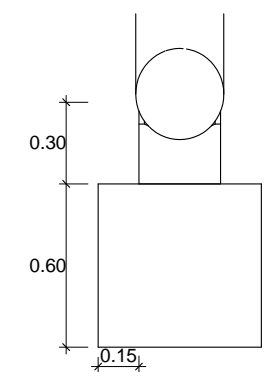
APOYO TÍPICO "A"
1:25



PLANTA A.T. "A"
1:25

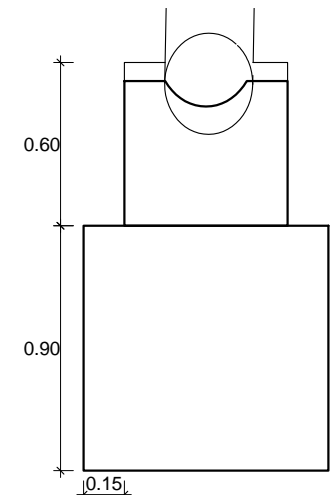


CORTE A-A
1:25

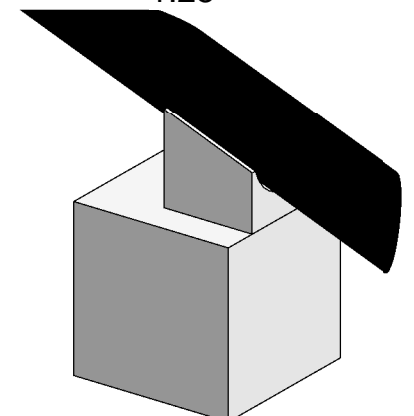


CORTE B-B
1:25

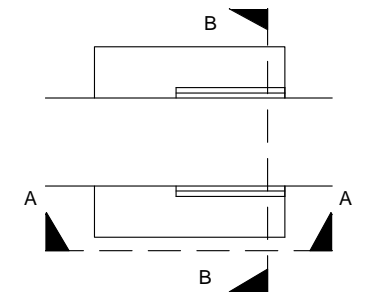
APOYO TÍPICO "C"



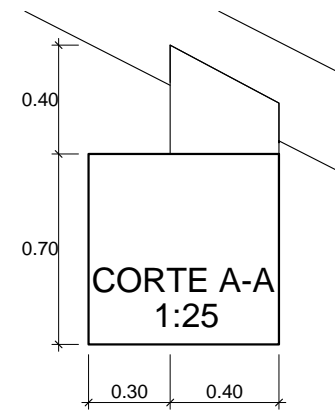
CORTE B-B
1:25



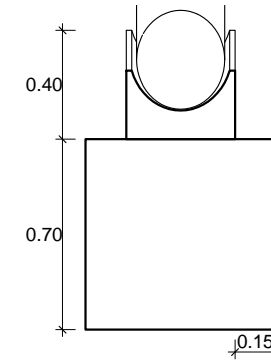
APOYO TÍPICO "B"
1:25



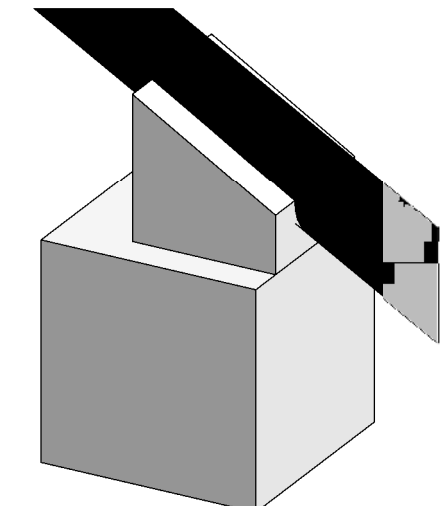
PLANTA A.T. "B"
1:25



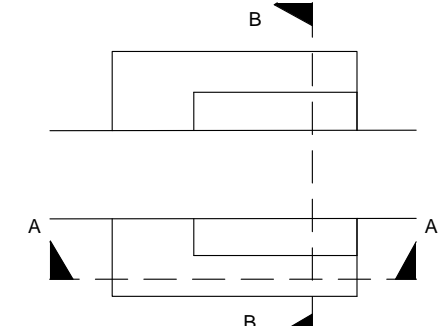
CORTE A-A
1:25



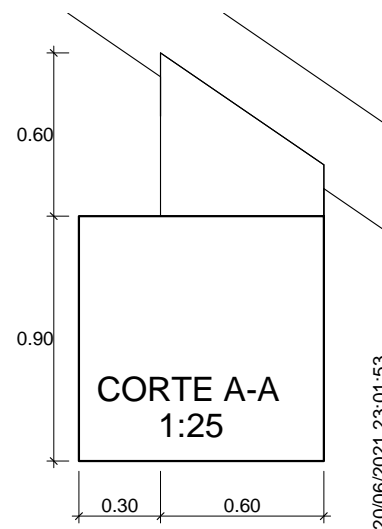
CORTE B-B
1:25



APOYO TÍPICO "C"
1:25



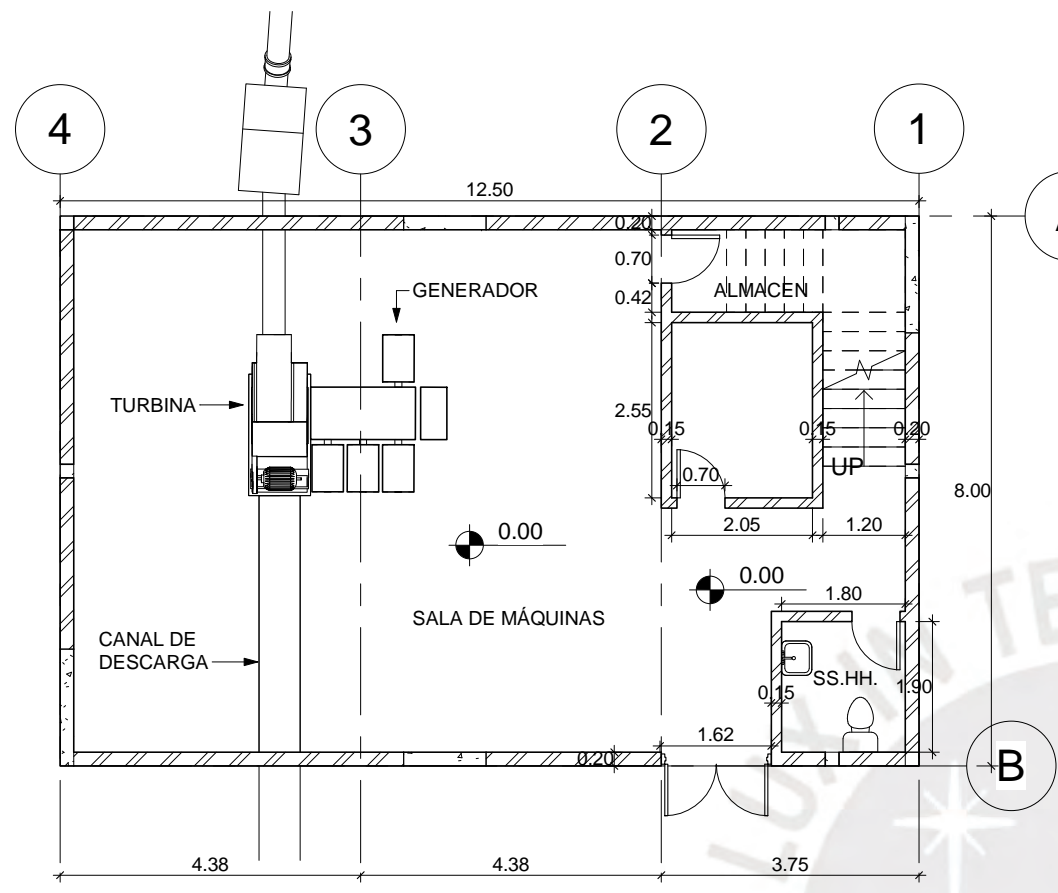
PLANTA A.T. "C"
1:25



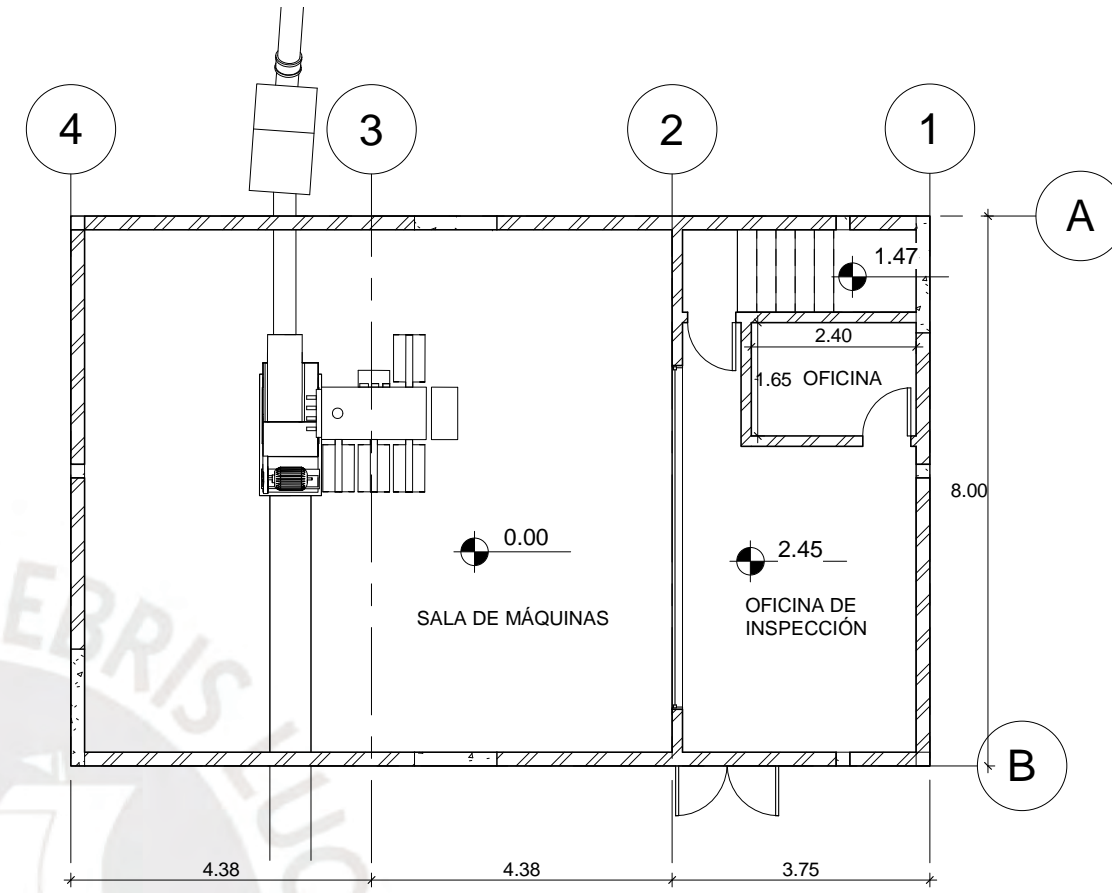
CORTE A-A
1:25

20/06/2021 23:01:53

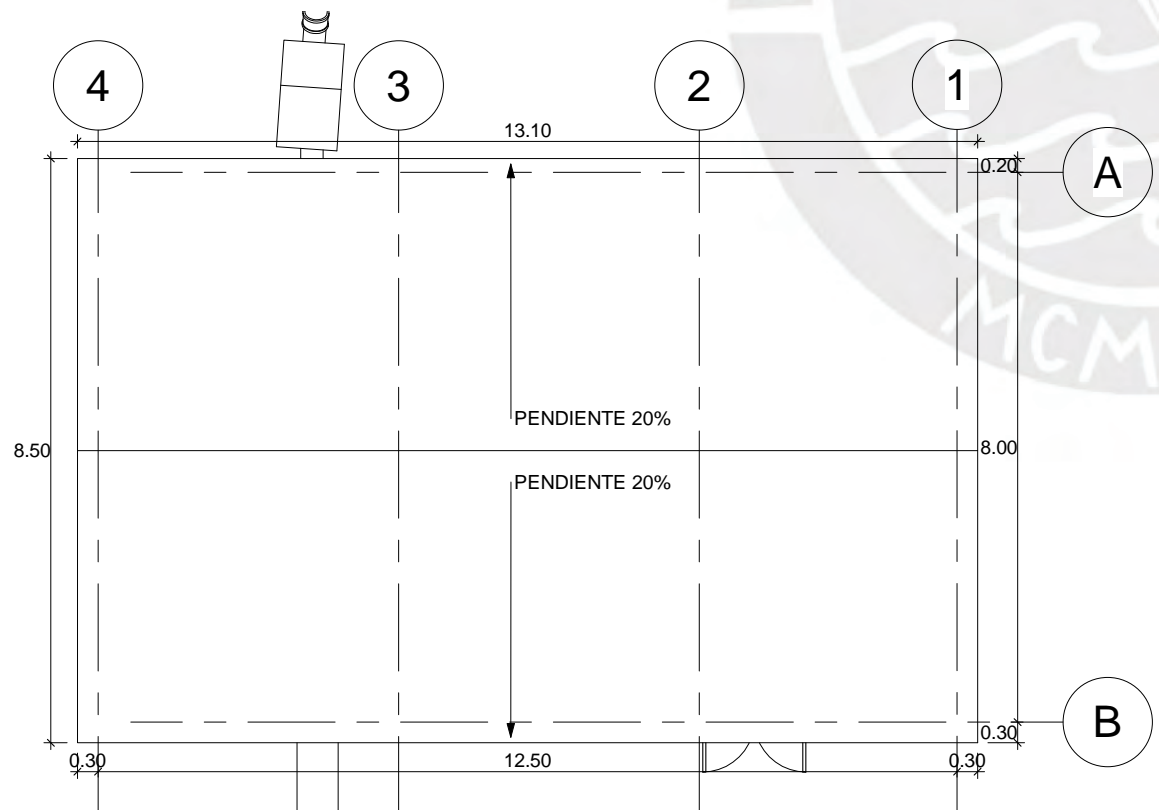
<p>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</p> <p>Profesionales FRANK LLAVE GARCÍA CHIYTO HUANG HU</p> <p>Asesor MANUEL GARCIA NARANJO BUSTOS</p>	<p>Proyecto "DISEÑO PRELIMINAR DE LA MICRO CENTRAL HIDROELECTRICA PALCABAMBA"</p>	<p>P-11</p>
	<p>Lámina APOYOS TÍPICOS</p>	
	<p>Fecha JUNIO 2021</p>	
<p>Escala As indicated</p>		



CASA DE MÁQUINAS - PLANTA PRIMER NIVEL
1:100



CASA DE MÁQUINAS - PLANTA SEGUNDO NIVEL
1:100



CASA DE MÁQUINAS - PLANTA TECHOS
1:100

20/06/2021 23:02:00

<p>PUCP PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</p>	Proyecto "DISEÑO PRELIMINAR DE LA MICRO CENTRAL HIDROELECTRICA PALCABAMBA"		P-12
	Lámina CASA DE MÁQUINAS - PLANTA E ISOMÉTRICO		
	Profesionales FRANK LLAVE GARCÍA CHIYTO HUANG HU	Fecha JUNIO 2021	
Asesor MANUEL GARCIA NARANJO BUSTOS	Escala 1 : 100		

Registro Pluviométrico Estación Acomayo

AÑO	ACOMAYO											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1964	53.5	82.1	125	55	6	0	0	0	0	0	28.4	115.5
1965	117	132	148.4	88.8	0.3	0	0	0	46.1	58.8	67.7	193.5
1966	108.8	185.6	82.9	15.6	32.7	0	0	17.9	49.1	94.5	136.3	127.7
1967	93.2	147.1	155.5	39.5	9.8	1	9.2	39.1	37	101.2	54.6	155.5
1968	165.9	213.5	182.3	46.1	1	0	15	12.9	20.9	65	215.7	95.1
1969	171.2	117.7	136.3	51.9	0	1.2	0.4	2.6	26	74	91	152
1970	215.4	86.1	150.5	95.5	2.4	0	9.3	0	42.6	64.3	79	199.6
1971	145	264	84.6	45.3	3.5	1.6	0	28.9	5.3	58.2	71.2	149.2
1972	174.4	132.8	142	63.2	10.8	0	7.1	NA	8.2	34.1	55	73.5
1973	276.3	200.4	167.1	110.6	18	0	5.8	13.6	25.4	51.4	96.5	99.5
1974	176.6	228.9	169.5	46.2	5.3	13.8	0	33.2	12.8	38.6	82.6	67.4
1975	153.5	204.9	156.5	70.2	30.2	1.1	0	1.4	32.5	50.6	82.4	193.7
1976	163.1	121.7	114.1	81.9	9.8	7	0.1	2.6	43.2	5.6	72.7	130.5
1977	133.2	168.8	127.4	59.1	0.5	0	1.8	0	47.8	48	201.1	70.5
1978	211.9	119.7	179.9	63.9	6	0	0	1.9	46.9	13.3	133.5	127.4
1979	154	163.1	188.8	63.8	5.8	0	0	4.2	8	13.4	115.5	138.6
1980	166.1	212.6	165.7	18.6	0	0	0	0	5.1	94.4	93.4	88
1981	220.4	203.6	160.8	68.3	0	NA	0	NA	41	87.9	244.3	115.3
1982	267.5	70.9	132.1	82	4.8	0	0	11.5	28.8	82	173.9	58.4
1983	95.3	54.9	62.2	66.1	2.5	1	0	12.9	5.5	27.3	28.1	65.9
1984	272.3	192.5	7.4	58.8	0	NA	0.4	NA	0.1	4.2	21.5	16.3
1985	117	143.6	115.2	89.4	31.3	NA	0	NA	37.9	60.2	198.9	107.3
1986	99	116.3	159.2	56.9	5.1	NA	0	NA	21.7	20	66.9	94.7
1987	271.6	81.4	65.7	21.5	0	1.1	10.4	0	0.3	39.9	228.1	103.7
1988	167.9	124.7	210.5	116.3	13.7	0	0	6.2	16.7	49.2	68	101.5
1989	199.7	107.5	158	58.7	13.6	1.8	0	8.1	16.5	12.8	100.9	48.5
1990	142.7	120.6	76.2	48.1	11.6	66	0	0	0.4	68.1	73.7	133.1
1991	137.8	142.9	90.6	32.2	6.7	NA	0	NA	0.3	15	148.5	60
1992	80	101.3	67.6	10.8	1.2	3.4	1.4	9.4	15.4	67.1	112.6	58
1993	264.5	76.9	78.7	61.2	0	2.8	0.4	3	3.4	33.3	90.6	194.5
1994	167.2	185.2	133.9	82.8	3.3	0	0	0	10.8	82.7	79.7	140.4
1995	110.6	118.4	141.6	51.3	0	0	0	0	27.3	29.5	86.1	128
1996	191.1	119.9	110.5	71.7	14.6	0	1	38.7	25.3	79.4	58.3	141
1997	151.4	164.1	195.7	26.9	17.4	0	0	18.6	1.2	53.4	211.4	134.3
1998	188.6	174.3	119.7	30	0	0	0	0	0	61.5	98.8	134.3
1999	148.7	115.1	132.7	98.2	0	0	0	0	42.3	46.5	27.5	141.6
2000	228.3	206.4	90.7	39	7.3	8.7	4.5	19.8	21.4	107.2	16.7	119.7
2001	319.6	153.8	179.3	44.2	15.1	3.4	16.2	15.7	18.1	104.5	169.1	126.9
2002	192.6	247.3	238.9	62.8	18.1	1.1	30.5	7.5	40.3	93	181.5	169.4
2003	197.8	172.9	220.6	54.4	13	10.1	0	3.8	3.1	42.1	68.8	142.7
2004	250.1	179.1	87.8	63.6	16.9	12.9	10.6	36.5	56.5	57.5	85.2	182.6
2005	125.7	148.4	95.4	48.8	4.3	0	0	2.9	0	61.9	82.2	93.1
2006	244.3	133.7	149.9	98.8	0	12.4	0	5.3	1.9	98.3	133.8	133.5
2007	197.3	163.6	178.7	92.5	8.3	0	5.5	0	2.9	51.2	96.6	88.9
2008	147.4	212.9	76.7	41.9	20	7.7	0	0	12.6	73.1	156.5	145.9
2009	122.5	125.5	100	76.8	8.2	0	8.9	0	4.5	20.6	295.8	147.7
2010	278	152.8	169	19	9.9	NA	0	11.3	5	89.6	41.2	191.4
2011	153.5	239	207.3	95.3	3.2	3.5	8.3	0	59.9	34.6	48.2	174
2012	172.3	220.1	116.2	48.9	3.5	13.1	0	0	28	25.7	205	234.6
2013	227.7	216.7	76.9	42.4	6.3	NA	2.9	15.5	18.9	141.2	167.7	220.6
2014	84.7	91.1	118.3	19.9	12.5	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Registro Pluviométrico Estación Virtual 1

VIRTUAL 1												
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2000	NA	NA	238.3	62.7	3.5	11.7	40	37.4	71.7	122.7	70.8	181.3
2001	331	232.5	215.9	60.3	23.7	8.9	24.7	75.2	62.3	125.2	123.9	142.3
2002	262.9	315.5	153.1	109.7	3.5	10.5	45.7	69.4	120.6	144.6	193.1	323.2
2003	294	284.2	299.8	29.4	9.8	22.8	1.6	52.9	39.1	106.6	82.2	148.4
2004	287.1	166.9	169.5	115.9	14.1	30.2	58.9	49.6	23.8	71	141.3	183.2
2005	180.5	114.8	233.7	75.4	6.3	0.8	8.3	5.6	21.3	68.8	96.8	115.5
2006	278.6	248.8	205	51.5	0.5	8.4	4	13.1	12.6	91.3	100.9	169
2007	143.1	200.3	206.3	71.3	18	0.2	9.7	0.1	26.2	64.5	57.5	232.7
2008	192	208.6	196.8	22.9	4	4	3	7.5	40.4	92.7	131	166.8
2009	199	236.3	128.4	25	12.9	0.3	4.2	7.6	24.7	96.4	153	127.4
2010	284.5	377.1	256.9	35.7	7.9	0.4	0	4.3	31.5	68.5	77.2	259.8
2011	289.3	249.9	249.2	85.4	5.7	0.3	10.1	33	38.7	43.7	141.2	217.9
2012	201.4	209.3	114.3	81.7	0.2	8.9	1.8	0.6	75	77.2	76.8	205.7
2013	199.2	165.4	156.9	24.5	7.7	12.3	1.5	9.8	31.8	112.7	210.4	138.5
2014	313.5	269.3	244	51.2	5.3	0.2	3.2	8.2	30.2	81.6	58.1	224.6
2015	302.5	296.6	246.3	49.9	20.2	0.9	28.1	7.5	39.7	23.7	83.2	123.5
2016	157.8	252.1	189.8	36.8	3.3	0.7	14.3	22	11.1	41.2	56.4	187.4
2017	209.5	164.2	229.5	54.5	11	4.8	0.7	8.3	34.7	86.5	150.9	74.1
2018	194.2	256.4	427.7	43	13.7	10.1	46.3	35.5	11.8	70.1	74.6	105.5
2019	242.7	261.9	185.9	47.8	0.8	4.6	13.3	0	17.2	61.8	NA	0

Registro Pluviométrico Estación Virtual 2

VIRTUAL 2												
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2000	NA	NA	235.5	60.8	5.7	10.1	35.8	36.3	55.5	121	65.6	150.4
2001	338.4	175	274.7	55.6	7.3	2.7	24	82.1	51.3	123.3	174.6	133.8
2002	235.2	308.3	190.2	118.5	3.2	4.7	39.4	46	107	129	197.2	300.8
2003	293.6	322.9	327	36.2	10.5	12.9	1.2	33.3	48.2	109.4	68.7	155.2
2004	228.2	164.3	151.3	49.1	13.9	22.9	54	81.1	28.9	50.6	135.3	209.5
2005	216.1	95.7	345.3	75.4	15.7	0	5.5	6.5	24.1	33.4	93.4	181.2
2006	223.5	276.9	222.3	56.8	4.1	8.6	0.2	11.8	12.5	82.4	74.8	162.2
2007	114.8	225	229.3	51.1	12.1	0.1	22.2	0	18.2	50.7	81.9	206.5
2008	197.4	249.3	178.9	20.3	4.3	15.7	0.9	10.2	27.5	82.4	137.6	131.1
2009	193.1	210.6	102.7	32.1	5.9	0.4	0	6.7	19.5	87.9	148	123.8
2010	369.1	431.4	269.8	38	2.4	0.3	1.5	9.3	18.5	46.4	95.7	271.5
2011	294.6	227.2	206.8	42	3.3	0.3	14.5	26.6	17.8	34	173.6	204.1
2012	197.4	328.4	152.1	67.7	2.2	9.9	0	0.4	39.3	105	84.2	195.3
2013	193.8	206.3	143.7	9.2	3.2	5.2	4.2	12.6	22.1	99.6	202.3	132
2014	302.7	197.1	223.8	36.4	0.9	0.8	8.1	6.8	20.2	84.6	55.6	227.3
2015	300.9	205.5	212.3	42.5	9.2	2.9	18.1	12.7	11.2	19.2	71.8	118
2016	168.6	242.3	160	25	2.6	0.6	12.3	12.9	10.8	37.3	53.2	154.5
2017	241.6	220.7	188.2	54	6.2	0.2	0	6.7	35.1	93.2	156.8	52.5
2018	147.4	202.3	339.7	39.5	4	8.6	23.5	26.9	16.8	86.6	118.9	105.5
2019	193.9	273.4	177.3	24.5	0	4.3	6.8	0	9.5	66.9	NA	0

Registro Pluviométrico Estación Virtual 3

VIRTUAL 3													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
2000	NA	NA	230.1	55.2	1.7	12.6	36.5	43.4	54.3	116.9	96.1	135.5	
2001	313.9	232.3	263.8	52.8	15.6	7.8	27.6	88.1	76.4	109.7	155.8	124.6	
2002	247.9	365.1	240.8	100.7	6	13.9	65.7	82.5	117.2	143.1	227.7	246.3	
2003	368.9	253.4	310.6	26.1	23.8	20.3	0.2	67.3	32.3	72.7	94.5	153.5	
2004	297.1	184.4	206.3	70.6	18.2	55.6	53.6	96.7	43.9	95.9	97.3	239.2	
2005	246.6	139.4	167.8	74.9	5.8	7	7	8.1	20.1	54.7	98	143.5	
2006	287.2	247.4	189.2	65.2	0	8.4	0.1	9.4	7.4	58.7	106.3	254.2	
2007	276.3	191.8	276.3	79.6	13	1.9	23.9	0.2	21.3	64.9	68.2	297	
2008	188.2	181.5	207.9	31.2	16.8	1.9	3.5	17	47.7	56.3	186.1	155.8	
2009	212.4	190	149.5	58.1	5.2	6.4	6.7	0	21.6	96.3	186.6	162.5	
2010	255.3	320.5	227.7	34.3	15.4	0.5	0	10.8	24.1	61.2	86.8	275.9	
2011	380.6	266.8	295.8	64.6	5.5	0.7	15.5	25	14.5	40.4	110.4	128.5	
2012	212.1	309.5	198.9	65.7	0	7.6	4.4	0.4	87.1	44.5	115.4	218.2	
2013	263.9	171.9	234.7	34.1	2.6	3.6	3.4	11.2	46.3	105.1	230.4	159.2	
2014	336.5	290.2	248.9	53.3	6.5	0	8.4	11.5	16.8	110.1	73.3	251	
2015	302.1	286.6	307.2	66.1	26.1	0.2	37.1	18.1	46.2	16.5	118.9	173	
2016	248.1	203.6	239.5	56.6	2.6	4.3	17.6	18.3	41.4	56.9	49.7	236.9	
2017	154	299.5	206.5	70.9	20.4	1.3	0	11.4	34.6	110.9	177.6	74.6	
2018	230.3	407.6	429.6	53	44	14.6	99	40.9	34.3	120.9	73.8	142.5	
2019	227	246	190.4	50.7	3.4	3.4	6.8	0.8	30.5	90.8	NA	0	

Registro Pluviométrico Estación Virtual 4

VIRTUAL 4													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
2000	NA	NA	178.5	53.9	8.4	10.9	31.9	57.4	58	144.4	103.8	187.3	
2001	281.2	193.1	221.7	46.3	28.6	19.8	18.1	73.4	66.4	168.8	182.5	170.6	
2002	251.6	371.6	256.9	66.9	11.6	14.5	65.2	120.4	118.7	145.6	176.1	209	
2003	374.8	263.5	235.9	18.5	17.2	20.6	3.4	53.4	48.5	133.8	93.7	151.3	
2004	312.5	215.6	240.8	44.2	8	20.5	36.9	74	74.5	107.7	80.7	346.3	
2005	293.6	132.4	188.5	46.8	5.7	1.4	5.6	8.6	15.8	65	110.9	167.2	
2006	264.1	247.9	170.6	42.4	0.2	3.9	15.4	9.1	18.3	78.8	117.6	191.1	
2007	242.8	294.4	273.1	29.6	4.6	2.1	16.6	0.5	17.5	83.8	67.6	301.8	
2008	195.3	212.1	118	20.1	5.4	9.1	0.1	6.1	47.3	57.4	135.2	239.8	
2009	179.9	176.8	105.2	27.6	2	0.7	7.2	1.5	43.3	149.4	88.6	122.6	
2010	344.6	236.2	196.3	11.6	0	0	0.2	5.6	29.8	62.6	47.4	241.1	
2011	341.2	209.9	215.4	90.4	0.8	3.6	12.8	26.4	21.7	42.2	98	110.7	
2012	250.3	295.7	174.6	48.7	0.7	1.3	0.9	8.2	53.1	60.5	98.3	185.7	
2013	213.5	279.5	149.1	38.8	1.3	1.7	3.3	7	44.5	109.6	156.6	103.9	
2014	293.2	294.6	185.8	25	1.9	0	5.7	7.1	42.4	124.9	62.6	277.6	
2015	248.2	291.6	293.3	47.3	16.6	2.8	23.4	13.8	20.8	37.4	88.6	159.1	
2016	352.3	286	237.5	23.4	2.2	1.6	8.9	11.4	30.2	34	63.9	207.6	
2017	254.9	323.8	160.4	20.6	19.1	0	0	15	38.1	75.4	200.7	118.4	
2018	177.4	337.4	379.5	55.8	11.8	5.1	42.6	48.1	22.7	93.2	71.8	108.4	
2019	225	275.6	211.1	28	0.5	1.7	1.7	20	21.7	81.4	NA	0	

Registro Pluviométrico Estación Chinchayllapa

CHINCHAYLLAPA												
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1964	157.91	199.35	166.79	36.19	20.23	1.14	0.12	9.27	50.62	49.14	22.38	101.46
1965	128.08	237.91	100.2	48.53	0	0	0.94	73.52	37.47	94.43	0	153.79
1966	245.77	218.64	162.44	29.71	8.94	11	2.53	17.46	40.94	124.99	12.3	32.4
1967	64.6	170	218.8	43.2	7.2	0.3	12.6	5.1	39.6	34.9	4	41.5
1968	222.7	125.3	192.5	6.6	15.3	10.9	6.8	13.2	13.7	47	54.7	96.5
1969	92.9	83.9	245.5	234.7	19.1	0	48.7	9	15.7	18.5	51.9	57.9
1970	287.3	216.4	130.1	46.6	21.2	8.1	6	6.8	31.5	32.1	24.3	67.1
1971	221	149.4	120.8	44.9	15.2	4.1	0	6.4	0	10.1	5.3	160.2
1972	189.2	255.5	214.7	78.2	2.7	1.3	0	4	27.9	57.8	31.6	83.9
1973	221	152.4	218.6	83.9	19.7	0	5	16.6	34.4	4	50.1	70.8
1974	316.4	125.6	87	111.3	5.5	18.3	0	76	7.5	13	19.3	53.9
1975	206.9	143.2	236.7	21.1	21.8	6.5	0	0	5.5	30.7	9.2	102.4
1976	265.7	131.3	158	24.7	19.5	5.3	8.9	17.9	59.2	17.7	0	74.9
1977	52.41	255.04	219.37	30.12	25.57	25.57	44.04	25.57	54.14	33.4	25.57	25.57
1978	4.81	260.06	44.22	157.87	4.81	4.81	23.14	4.81	24.52	76.3	139.08	71.95
1979	46.69	107.06	364.29	92.42	12.92	41.91	19.53	12.92	22.77	159.83	12.92	67.8
1980	136.89	103.68	167.71	12.92	12.92	12.92	12.92	12.92	21.64	67.24	33.88	76.1
1981	196.07	270.53	90.16	104.49	0	0	0	92.1	15.84	23.21	46.32	95.17
1982	11.94	149.44	179.92	30.31	0	0	0	2.47	66.91	124.25	176.72	0
1983	12.67	12.67	108.48	176.91	12.67	12.67	12.67	25.3	169.54	33.03	12.67	227.1
1984	139.03	221.34	131.37	17.14	7.82	0	0	5.24	13.65	60.5	72.25	96.35
1985	16.76	178.82	230.9	134.93	31.16	3.95	0	0	22.75	0	57.46	94.3
1986	215.96	156.08	245.98	42.15	2.13	27.6	27.52	19.72	13.58	28.58	0	164.95
1987	313.9	125.69	0	0	0	5.2	10.2	13.4	0	32.5	35.3	14
1988	282.2	201.9	192.69	42.2	37.5	0	9.18	0	25.41	0	0	92.74
1989	137.1	220.1	303.4	118.3	14.05	8.55	11.03	25.87	30.53	41.81	40.01	111.45
1990	137.98	17.5	208	107.3	8.49	5.17	6.67	15.64	18.46	25.27	24.18	67.37
1991	199.77	193.08	154.71	123.4	2.14	0	0	9.63	14.01	24.6	22.91	90.02
1992	20.65	39.18	33.62	88.29	2.11	25.28	17.26	138.32	18.8	224.79	3.36	210.28
1993	163.1	70.3	191.8	69.5	51.2	25.3	3.1	44.2	36.9	26.4	65.9	182.1
1994	398.9	317.1	174	16.3	9.2	5.7	6.3	0	0	0	0	46.5
1995	324.2	118.1	77.2	53.6	9.86	0	0	18.15	2.1	7.7	73.3	61.2
1996	187.3	299.6	86.1	120.8	24.6	2.8	0	26	40.8	9.2	14.3	58.1
1997	373.6	267.8	94.8	43.4	9.5	0	0	154.5	55.8	40	24.8	111.7
1998	353.8	187	123.7	12.7	0	7.3	0	10.3	0	28.9	45.4	214.3
1999	99.44	209.82	245.23	69.34	3.64	14.66	14.52	5.18	39.11	44.22	16.47	54.76
2000	264.6	145.2	99.7	86	10.58	6.44	0.5	16.8	2.6	67.7	18.2	81.6
2001	169.1	218.7	262.6	54.8	22.8	5.8	2.6	10.9	10.3	2.2	7.8	5.8
2002	84.6	202.6	221.7	58.6	0	3.3	35.3	6.6	0	11.5	51.1	84.2
2003	158.84	222.86	250.99	32.14	37.97	10	10	14.34	23.16	12.39	10	59.51
2004	200.42	193.39	148.07	22.26	10	16.43	32.89	18.97	19.72	10	13.59	104.84
2005	149.8	128.5	114.7	36.4	0	0	0	1.8	12.3	2.6	3.8	106
2006	118.7	181.9	329.9	10.6	10.3	3.1	0	0.7	7.7	23.7	59.1	33.5
2007	241.1	203.5	194.9	27.9	0	0	0	9.5	3.9	7.9	44	67.4
2008	286.22	149.71	80.59	35.34	22.63	18.03	24.26	18.03	18.03	50.24	18.03	95.27
2009	174.2	285.6	108.9	19.7	0	0	15.1	0	16.2	21.7	29.3	21.4
2010	216.75	185.81	183.37	29.04	7.94	3.5	5.5	17.48	21.24	30.34	28.89	86.54
2011	163.81	76.95	172.98	75.31	4.31	1.12	2.33	3.41	9.48	41.09	15.41	47.71
2012	36.89	256.71	216.87	30.08	19.49	4.48	4.82	27.24	42.88	12.16	22.67	52.88

Registro Pluviométrico Estación Combapata

COMBAPATA													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1964	107.71	74.5	105	51	10	0	0	0	34.5	40	94.6	49	
1965	74.6	70.7	191.4	34.5	7	0	2	0	47	54.5	50	98.5	
1966	62	88.5	126	7.5	31.5	0	0	2.1	22.9	100	90.6	93.4	
1967	68.9	77.1	127.2	51.6	3.7	2.5	25	28.5	19.6	68.6	75.6	118.2	
1968	114.1	161.2	129.6	55.3	0	0	20.2	8.9	25.9	39.8	85.6	74	
1969	113.8	117	115.9	75.3	1.1	2.1	6.5	4	15	56.3	59.7	82.6	
1970	189.4	63.4	123.4	75.9	4.9	0.1	2.3	0	26.4	47.5	68	187.3	
1971	159.8	190.1	61.3	60	10.7	0	0	13.2	2.4	39.2	98.2	99.2	
1972	141.6	77.4	72.6	45.3	5.2	1.5	10.8	15.5	36.1	17.9	38.6	157.4	
1973	137.4	189.4	116.3	119	12.9	0	3.7	9.7	13.3	50.5	89.8	73.9	
1974	152.2	235.2	134.3	32.3	6	11.1	0	31.7	19.1	33.4	75.5	56.1	
1975	139.4	125.5	137.2	56.5	22.5	1.1	2.5	0	20.8	41.7	57.7	173.6	
1976	171.7	99.7	129.2	42.2	10.6	9.9	8.2	9.3	27.7	17.8	47.5	135.2	
1977	122.6	114.1	113.6	90.8	2	0	6.7	0	21.9	71.3	84.5	94	
1978	148.97	98.71	121.98	67.81	6.22	2.24	2.1	2.79	25.51	20.43	99.94	103.72	
1979	148.6	115.2	162.9	61.3	13.5	0	5	12.6	18.3	49.89	22.5	108.6	
1980	99.2	144.5	139	11.7	2.9	1.4	0	0	18.9	60.5	91.5	163.9	
1981	150.2	118.2	131.6	70.2	4.2	5.2	0	8.4	33.1	101.5	76.8	120.3	
1982	185.5	108.8	61.6	57	0	0	0	19.5	16.4	35.6	95.4	96.3	
1983	139.1	70.7	77.5	53.2	13.5	2.03	0	0	4.9	0	0	36.9	
1984	134.16	138.91	128.09	93.91	44.73	9.63	9.63	9.63	9.63	9.63	24.83	87.64	
1985	60.4	202.2	245.7	226.3	44	0	0	0	17.9	83.46	128.93	192.89	
1986	133.48	94.37	144.19	101.14	3.63	1.01	0	0	25.33	45.46	52.87	59.84	
1987	89	77.4	89.3	88.1	9	1.7	0	0	0	0	59.6	63.6	
1988	105.27	104.47	96.81	55.2	3.48	0.63	2.74	1.01	5.93	5.59	50.28	117.27	
1989	134.89	87.2	148.27	95.46	9.71	2.59	0.05	2.12	33.03	52.93	100.7	164.61	
1990	129.6	79.6	54.6	33	0	26.1	0	6.5	23.5	113.6	120.7	138.6	
1991	80.5	88	121.3	35.8	11	15.1	0	1.8	8.9	47.5	53.5	138.4	
1992	207.1	127.6	70.2	8.2	0	14.6	0	19.1	1.1	106.8	114.6	76.1	
1993	208.2	125.6	88.2	59.9	0.6	0.8	17.5	30.1	40.7	79.3	69.9	174.8	
1994	137.5	114.4	77.6	47.8	9.1	0	0	0	26.5	53.7	70.4	99.2	
1995	92.8	104.5	128.3	31.7	16.7	0	1.5	0.6	12.8	8.9	119.9	125.6	
1996	162.9	118	119.9	67.3	19.7	0	0	28.6	18.8	56.08	86.63	129.61	
1997	166.31	161.7	167.6	25	19.3	0	5.1	10.02	24.53	60.73	93.82	140.35	
1998	111.85	127.29	101.92	27.24	0.51	1.46	1.64	6.67	29.95	87.47	99.57	70.26	
1999	149.8	101.44	123.53	80.51	9.78	3.67	1.95	0.6	24.83	49.43	98.18	156.48	
2000	139.12	143.69	91.24	52.82	4.39	5.64	1.61	2.84	22.53	67.91	89.72	84.91	
2001	154.52	134.6	196.57	85.98	12.35	0.9	2.68	2.6	27.9	59.06	39.98	139.79	
2002	96.03	161.41	130.15	69.99	8.35	0.11	0.39	0.14	30.2	23.69	87.77	92	
2003	124.71	114.19	149.99	43.27	11.08	0.31	4.17	3.55	34.1	44.25	81.81	154.94	
2004	163.72	130.62	75.91	66.51	4.36	2.18	2.84	4	14.19	39.42	86.5	87.46	
2005	104.55	150.12	111.66	42.52	1.79	0.09	0.76	1.06	32.37	16.13	73.99	97.18	
2006	118.88	103.76	166.52	57.04	7.63	4.79	1.28	3.16	18.02	83.69	100.01	138.67	
2007	146.56	95.7	136.7	62.8	1.28	0.51	1.75	0.93	6.87	30.58	99.85	105.12	
2008	139.88	91.12	71.33	35.8	16.67	1.87	0.14	2.74	18.14	93.53	80.89	155.49	
2009	136.82	122.08	113.53	40.45	0.9	0.2	1.92	0.94	10.77	11.99	89.14	119.49	
2010	101.97	97.25	102.32	61.68	1.15	0.12	0.23	4	16.8	58.08	80.09	113.73	
2011	99.35	108.63	122.25	85.28	15.44	1.25	2.77	2.99	15.25	42.67	45.13	125.68	
2012	156.93	180.55	135.52	36.69	2.47	2.39	1.43	1.8	29	38.97	99.95	135.65	

Registro Pluviométrico Estación Livitaca

LIVITACA												
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1964	266.23	230.54	197.09	65.31	6.17	0	0	0	29.82	62.13	108.8	147.09
1965	222.73	200.2	192.41	62.16	10.51	2.16	3.71	6.91	30.24	30	90.8	172.3
1966	134.8	235.5	156.9	7.7	53.8	0	0	0	27	145.6	112.4	117.1
1967	134.1	270.3	302.2	100.6	11.5	0	12.3	20.9	36.2	50.1	58.4	101.3
1968	208.5	190.1	156.3	20.7	0	0.8	10.4	8.8	4.7	60	163.3	75.5
1969	231.4	130.8	117.5	78.2	0	5.5	2.5	4.9	46.7	58.4	82.5	95.4
1970	243.1	234.6	237.5	126.5	15.4	1.6	3.3	8.3	69.8	95.6	51.4	164.8
1971	241.4	252.5	176	73.5	3.4	0	0	5.8	6.4	10.3	71.2	208
1972	418.3	135.3	155.2	75.6	5.7	0	2.9	9.3	28.7	74.1	93.3	188.4
1973	293.9	310.1	235.2	143.2	16.5	0	0	0	22.6	54.3	117.4	125.8
1974	235.2	273.1	161.4	98.5	3.1	7.8	0.8	59.2	6.7	61.1	65.5	145.86
1975	168.2	236.9	244.01	63.8	35.3	0	0	8.7	31.8	62.1	91.1	356.9
1976	276.2	123.6	241.6	24.5	17.1	14.7	7.8	8.9	76.2	24.5	53.4	111.9
1977	137.6	301.7	197.3	15.7	16	0	7.2	0	36.5	70.8	101	160.9
1978	349.8	109.9	168.2	68.5	5.7	0.8	0	0	37.7	31.4	225.6	193.4
1979	215.9	134.3	216	54.4	5.6	0	1.3	19.3	10.6	59.1	149.1	177.4
1980	130.4	153	234.4	12.9	0	0.7	6.3	0	0	12.6	15.9	40.5
1981	225.3	331.2	205.2	102.4	2.2	7.4	0	14.4	36.9	117.2	162.1	183.2
1982	250.45	126.74	172.53	27.4	1.84	1.07	0.06	8.57	52.92	87.19	169.66	70.46
1983	188.07	95.5	164.5	169.81	5.25	3.94	1.84	1.31	65.66	40.1	44.37	226.3
1984	331.56	275.19	222.2	35.08	21.01	6.73	5.15	42.15	30.63	37.06	85.59	170.37
1985	140.2	306	238.04	256.05	9.38	0.66	0.16	0.66	33.82	53.21	190.82	276.68
1986	340.85	184.09	205.82	96.95	1.93	1.58	1.68	0.18	12.33	39.77	55	297.23
1987	242.73	174.68	156.02	10.98	11.89	2.92	2.93	0.42	14.56	10.14	96.12	80.55
1988	207.78	195.28	166.48	72.56	5.11	1.64	6.46	3.71	30.27	27.81	31.32	104.79
1989	236.62	215.91	187.59	126.05	3.37	1.86	1.94	2.57	20.88	57.33	125.68	226.39
1990	233.71	119.52	177.33	58.29	0.9	1.71	0.31	14.42	46.23	175.43	150.38	137.01
1991	192.53	213.96	185.97	129.38	7.6	0.3	0.25	0.55	23.5	47.17	72.71	132.88
1992	235.45	111.78	172.85	47.27	0.31	1.48	1.25	17.92	59.18	153.41	137.5	274.36
1993	342.58	105.1	185.18	68.25	5.75	0.65	1.72	28.32	40.37	71.65	119.2	368.9
1994	291.68	383.77	204.13	47.67	10.36	0.69	1.57	0.8	2.51	35.14	51.77	80.37
1995	132.94	236.33	217.76	58.71	11.41	0.34	0.64	0.98	1.81	20.53	139.94	162.42
1996	280.2	373.67	233.58	127.77	4.36	0.68	0.3	15.63	55.96	76.75	94.75	140.5
1997	294.24	292.23	204.67	36.42	14.87	1.01	0.45	16.14	49.88	75.19	132.15	199.81
1998	200.8	247.76	214.2	23.88	1.85	0.1	0.47	5.58	3.67	75.79	126.08	309.48
1999	365.3	196.77	197.43	108.5	9.53	0.13	2.3	1.31	33.64	55.68	66.76	152.06
2000	204.75	231.85	198.42	78.25	9.74	1.21	1.15	4.5	14.34	65.08	66.8	93.81
2001	274.97	222.65	226.66	61.47	6.38	0.03	2.76	3.71	16.9	47.98	47.26	50.54
2002	171.5	226.96	223.65	80.89	17.52	0.65	6.62	0.91	2.16	24.1	94.1	121.85
2003	160.16	266.41	254.32	59.75	9.9	0.23	1.86	3.33	29.53	40.12	71.66	133.89
2004	221.5	301.31	206.1	28.66	5.35	1.41	7.59	12.49	35.79	52.98	84.47	149.2
2005	174.93	248.58	226	72.33	4.55	0.22	1.04	0.72	12.84	26.88	50.89	117.97
2006	184.62	217.45	247.37	61.7	5.07	1.16	0.64	3.6	20.1	82.15	145.76	132.62
2007	195.49	206.6	158.46	41.94	5.98	0.38	1.5	1.27	6.1	41.53	96.61	112.04
2008	199.54	200.75	164.94	41.76	8.54	0.15	1.73	5.04	46.01	108.34	107.65	166.17
2009	175.45	439.26	260.97	50.89	1.21	0.89	5.31	0.09	25.24	19.13	117.32	96.01
2010	204.31	208.76	159.01	37.48	2.71	0.82	0.11	3.59	22.86	58.39	89.71	141.98
2011	179.78	155.34	206.12	112.62	12.85	1.2	0.48	6.21	15.47	40.58	77.74	110.63
2012	223.94	341.35	248.38	85.12	2.52	1.17	5.84	1.51	29.26	34.86	102.77	140.1

Registro Pluviométrico Estación Santo Tomas

SANTO TOMAS												
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1964	151.36	112.85	123.21	50.26	9.29	5.41	6.67	7.61	30.77	69.57	85.37	139.8
1965	113.93	125.68	128.57	36.16	5.67	5.83	8.14	6.21	23.97	75.3	19.56	128.55
1966	138.31	155.48	125.93	30.3	7.26	5.71	5.31	6.75	29.54	82.36	51.6	132.97
1967	103.87	79.38	170.37	66.98	6.18	5.8	8.3	21.11	22.16	69.49	33.28	96.72
1968	139.53	102.15	439.18	136.03	6.43	7.95	6.24	13.06	24.88	65.64	149.82	160.65
1969	148.8	183.97	194.01	17	9.59	5.81	9.08	6.31	17.06	82.25	83.18	110.11
1970	166.39	145.45	159.56	61.7	14.69	6.07	5.61	5.51	10.04	34.4	42.61	122.98
1971	237.06	203.07	102.52	39.86	7.56	7.06	5.34	5.82	20.09	5.89	7.95	153.81
1972	160.37	117.91	123.59	44.65	9.66	5.21	12.76	15.42	7.12	8.8	19.81	156.55
1973	186.5	187.66	213.14	61.64	5.49	6	5.13	10.08	10.92	46.76	54.86	166.1
1974	192.1	239.64	115.9	26.91	5.61	6.7	5.43	6.99	27.99	36.73	29.51	157.25
1975	155.42	156.04	182.04	55.5	17.82	8.41	5.27	6.12	31.33	47.36	29.45	139.08
1976	179.84	132.18	162.81	51.68	6.62	7.95	15.84	11.44	21.67	26.34	8.08	119.96
1977	128.77	188.44	121.73	40.8	5.8	6.51	9.06	6.79	13	31.12	56.81	141.71
1978	174.49	144.34	261.38	45.78	5.7	5.67	5.26	5.72	20.11	33.7	117.9	162.2
1979	197.34	185.14	212.31	56.38	7.77	5.67	8.09	125.85	35.72	23.62	12.74	145.65
1980	120.28	111.76	76.97	47.11	5.57	7.04	17.9	22.8	7.87	43.62	70.4	143.69
1981	227.16	242.84	528.38	118.06	19.35	9.64	9.3	21.18	15.54	37.97	19.59	94.18
1982	198.17	153.5	126.45	46.51	6.94	5.95	7.11	9.7	31.3	82.63	148.45	209.04
1983	136.14	53.52	104.08	9.56	5.67	8.09	14.65	26.62	14.04	25.81	16.31	143.24
1984	239.57	210.69	127.64	53.21	51	5.85	11.13	16.41	27.57	78.65	141.21	166.82
1985	151.61	210.74	195.93	12.89	5.3	5.53	5.39	6.67	14.41	41.02	81.2	121.74
1986	226.2	216.63	171.26	65.59	14.49	6.9	13.66	15.74	18.05	23.54	16.13	109.66
1987	195.28	40.15	132.75	47.63	7.78	7.13	20.46	16.36	9.18	23.86	154.28	134.75
1988	87.68	88.93	82.71	36.89	8.44	5.73	7.92	6.94	10.9	62.5	17.39	70.19
1989	167.67	187.81	193.29	37.35	11.75	8.98	5.83	7.52	11.88	56.17	52.85	135.48
1990	166.14	104.25	105.29	24.39	6.1	5.14	6.38	7.6	20.67	55.3	31	160.22
1991	194.78	192.77	117.24	26.71	5.16	5.36	5.8	5.57	17.2	74.14	38.16	149.64
1992	124.29	89.02	108.53	16.89	1.94	0.97	1.66	7.65	20.07	51.6	51.65	199.39
1993	153.68	66.94	126.93	49.89	0.1	0.23	0.51	7.52	17.37	69.34	164.28	228.02
1994	137.8	215.09	147.34	88.18	2.94	0.85	0.23	0.15	16.44	66.06	8.35	138.26
1995	118.11	109.08	132.05	47.34	0.7	0.25	2.79	0.65	17.17	40.07	135.27	143.79
1996	145.85	203.54	175.3	30.55	10.76	0.98	0.56	1.52	5.69	50.36	9.74	109.48
1997	266.44	220.05	239.18	80.65	2.25	0.38	1.36	6.42	10.28	45.04	164.5	237.51
1998	144.22	172.83	119.97	57.83	0.58	0.43	0.14	2.04	12.91	75.02	76.98	246.56
1999	138.15	140.23	129.84	53.2	0.3	0	0	0	45.6	66.9	50.59	86.4
2000	179.8	190.7	158.5	25.2	3.4	10.1	5.3	3.47	20	42.9	0	155.1
2001	199.5	215.9	274	46.3	11.2	0	0	0	7.9	29.6	1.3	72.7
2002	115.9	179.3	119.2	25.6	9.8	5	14	0	31.8	76	71.9	103.7
2003	154	175.8	173.2	54.4	0	2.4	0	13.5	10.8	33.9	40.3	113.3
2004	139.7	149.6	121.3	21.4	0	0	34	18.4	15.6	60.2	112	250
2005	126	121	169	49.7	0	0	0	0	9.7	54.6	69.4	159
2006	251.2	197.4	140.6	108.1	0	2.6	0	6.9	13.1	71.3	87.6	150.4
2007	145.6	91	168.1	53.2	7.7	0	8.9	0	4.9	27.9	56.3	195.7
2008	205.4	126.4	100.8	13.1	8.2	3.1	0	0	10.8	106.2	21.2	168.5
2009	91.2	152.4	121.5	73.5	3.7	0	3	0	0	22.5	112.8	105.5
2010	198.3	175.2	136.9	82.8	23.8	0	0.7	0	3.3	42.2	58.5	166.4
2011	190.1	191.5	205.3	49.27	5.21	1.01	4.39	2.87	9	0.2	23.6	111.2
2012	162.2	232	156.8	160.8	8.4	1	0.8	1.4	18	26	23.8	229.6

Registro Pluviométrico Estación Sicuani

AÑO	SICUANI											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1964	95.4	101	112	50	31.8	0	2.5	3.2	32.2	25.8	85.1	50
1965	43.2	89.7	119	51.7	2.1	0	2.4	3.7	52.5	66.1	61	179.7
1966	81.6	118.2	94.2	6	35	0	0	2.3	38.9	148.8	106	121
1967	63.4	117.2	155.9	33	8.2	1.4	21.4	28.7	40.4	49	46.8	129.5
1968	89.52	127.15	199.17	45.14	5.73	5.73	17.07	25.72	20.9	49.75	111.56	51.24
1969	132.5	127	140.4	67	3.6	2.8	8	1.6	18	78.2	76.2	80.8
1970	172.3	139.5	141.3	50.3	5.6	0	0	0	20.4	48.3	46.6	185.4
1971	189.5	162	66.1	66.9	6	0	0	0	0	0	3.8	71.6
1972	154.2	76.5	95.6	58.1	6.3	0	15.9	29.6	0	8	35.2	94.4
1973	140.7	136.2	168	82.5	3.1	0	2	11.8	5.9	27	47.6	96.2
1974	168.5	223.3	91.1	25.1	0.8	6.5	0	16	24.5	13	50.5	109.74
1975	157	103.9	134.9	39.4	20.3	0.7	0	8.4	32.1	24.4	62.4	154.2
1976	161.9	68.7	130.4	27.5	11.4	6.7	5.1	9.6	17.9	9.3	29	86.3
1977	70.5	179.9	87	33.9	7.2	0	0.8	0	11	30.7	87.3	88.1
1978	214.6	71.3	183.4	83	0	0	0	0	25.5	24.2	73.4	37.9
1979	161.59	121.84	156.71	76.25	9.44	0	0.91	46.99	66.01	0.66	33.58	76
1980	86.6	49.3	26.1	0	15.6	18.6	19.9	21.6	1.6	65.9	60.2	82.6
1981	238.2	205.97	192.38	21.17	19.83	31.41	19.83	52.06	19.83	29.9	34.27	92.51
1982	131.11	63.98	101.07	19.83	19.83	19.83	21.34	19.83	60.12	117.35	70.19	34.27
1983	88.99	19.83	72.87	19.83	19.83	19.83	19.83	19.83	44.67	21.51	19.83	125.74
1984	240.05	107.28	95.87	24.87	28.58	21.64	24.23	26.92	38.9	62.4	80.93	114.37
1985	65.33	155.19	135.89	73.41	14.06	0.59	0.58	0.2	16.09	29.78	78.08	132.76
1986	186.34	103.35	118.52	47.17	7.38	2.99	6.07	0.59	36.99	33.33	49	86.44
1987	132.52	126.24	128.36	52.88	11.52	3.8	11.56	2.22	3.97	23.52	117.11	107.06
1988	127.82	94.9	120.6	87.4	4	0	4.78	7.71	20.77	46.35	66.52	102.93
1989	135.16	128.67	130.86	52.83	10.07	2.08	0	12	21.96	51.7	46.9	130.8
1990	127.1	104.8	71.2	32.8	7.56	1.56	3.8	6.12	16.48	36.79	52.79	81.69
1991	152.99	121.64	92.38	93.77	22.02	0	0	0	12.61	68.69	64.86	116.17
1992	99.2	61.4	103.36	41.73	7.95	1.65	4	19.5	19.1	62.8	96.8	53.6
1993	163	87.1	116.2	57.4	0	1.2	2	9.8	26.7	66	136.4	114.1
1994	127.5	143.8	128.4	74.9	18.8	0.3	0	1.2	9.3	50.5	81	127.4
1995	107.4	105.2	131.3	64.4	3.1	1.2	2.8	0	16.6	36	92.3	117
1996	121.3	112	155.5	42.7	16.3	0	0	12	24.5	54.2	61.6	115.7
1997	226.7	173.8	176.9	49.9	3.5	0	5.2	15.2	8.9	45.5	135.5	64.6
1998	102.3	131	97.8	15.1	0	0	0	5.6	1.7	92.2	73.6	92.7
1999	133.3	145.4	83.4	85.7	17.6	3.2	0.3	0	44.1	24.4	38.5	127.2
2000	110.4	180	121.9	14.6	7.2	6	4.4	1.7	18.6	76.4	25.2	92.6
2001	213	158.1	176.9	55.3	25.9	1.2	13.9	10.5	34.7	48.3	76.2	134.4
2002	117.15	159.87	109.54	93.21	14.12	0	8.37	0	17.92	50.49	60.14	105.98
2003	129.2	131.8	160	59.6	18.7	6.6	0	8	1.6	37.5	27.2	125.5
2004	162.6	191	80.4	47	7.6	8.2	4.2	12	51.6	28.9	92.4	98.4
2005	66.3	178.8	120.3	44.9	4.5	0	2.7	0	7.6	48.3	75	93.4
2006	151.2	120.8	92.8	99	3.3	5.7	0	10.3	23.3	45.4	111.3	102
2007	115.8	85.9	174.4	45.1	5.3	0	9	0	15.2	60.7	77	72.7
2008	137.3	133.5	117.9	21.6	7	0.7	0.6	0.6	2.6	84.1	61.6	149
2009	89.8	140.6	85.8	37.6	5.7	0	6.2	0	11.1	32.2	129	121.1
2010	161	95.8	118	48.4	2.6	0	0	5.7	2.4	62.8	46.6	125.1
2011	107.6	118.4	156.4	135.9	14.4	2.1	5.2	2.6	52.2	25.3	29.9	155.2
2012	155.2	184.8	103	49	0.5	3.2	0.8	2.8	13.7	35.8	38.8	138.6

Registro Pluviométrico Estación Carahuasi

CARAHUASI													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1964	42	90	108.8	33.6	13	0	0	0	0.2	22.1	34.3	42.6	
1965	85.2	82.8	111.5	47.5	0.3	0	0	0	28.7	42.8	39.7	134.5	
1966	83.9	125.9	86	16.5	31.5	0	0	4	19.3	90.6	104.5	71.1	
1967	87.7	115.7	151.7	25.9	8.8	0.2	9.3	6.3	15.4	68.2	35.6	154.5	
1968	139.6	171.4	135.6	14.6	0.5	0	15.1	5.8	4.9	45.2	131.6	61.1	
1969	100.7	115.4	131.8	37	0.8	3.3	3.5	2.5	9	44.8	90.2	115.6	
1970	171.4	74.2	133.2	66	10.8	1.2	6.6	0	27.1	54.2	39.6	191.1	
1971	109	183.8	81.9	51.1	2	0	0	0	2	38	45.5	58.2	
1972	117.3	67.3	98.5	48.5	0.4	0	7.1	12	12.6	20.9	53.3	80.6	
1973	169.7	122.1	129.3	75	16.2	0	3.9	3	21.1	23.6	90.6	98.7	
1974	80.7	174.2	104.6	31.6	8	8.3	0	14.8	0.6	12.2	17.7	72	
1975	97.9	138.4	104.4	31.1	24.6	2.2	1.3	5.2	22.3	20.9	47.1	159.8	
1976	112.5	117.4	141.9	49.2	14.7	8	2.2	7.5	30.6	27.8	25.4	65.7	
1977	75.3	121.4	107.3	43.1	5.3	0	3.8	0	26.2	31.8	128.5	55.8	
1978	124.2	70.6	93.3	47.9	10.5	3.1	0.1	0.3	16.9	20.2	76.9	71.5	
1979	113.2	106	96.8	36.1	4.6	0	1.3	5.8	11.9	13.4	105.8	116.5	
1980	91	99.4	81.9	11.4	4.1	0	0	1.8	2.4	70.9	53.8	87.3	
1981	114.9	122.8	124.9	46.8	0	6.1	1.3	18.5	24.7	86.8	146.4	103.4	
1982	160.4	78.5	113.3	30.7	0.1	3.5	0	13.8	14.8	55.2	125.3	55.5	
1983	63.1	87.8	68	45.8	4.6	NA	0	0	0	0.2	53.9	56.1	
1984	182.2	158.1	0	39.3	0	0	0.2	0	0	0	0	0	
1985	77.5	109.3	89.4	59.7	28.1	11.2	2.8	0.3	20.8	33.6	114.6	100	
1986	98.6	97.2	157.7	34.2	7.1	0	0.1	9.3	11.9	26.8	28.1	54.5	
1987	150.6	82.1	27.1	20.9	0	0.1	8	0.1	7.6	41.4	131.3	64.2	
1988	111.2	113.6	124.4	81.7	9.2	0	0	0	0	32.6	0	83.7	
1989	119.2	113.5	114.5	39.3	0.4	0	0	0	3.1	0	36.7	40	
1990	94.5	48.5	27.1	24.1	9.5	0	0	0	0	67.3	42.4	95.7	
1991	24.9	81.2	70.4	12.6	0	0	0	0	0	0	61.3	65.4	
1992	40.3	61.4	29.1	38	0	0	0	24.7	11	42.4	94.9	85.2	
1993	164.7	113.4	119.6	36	0	0	0.4	38.8	0	40.1	84.7	164.6	
1994	110.8	81.6	116.2	49	0	0	0	0	12.4	81.8	50.9	115.8	
1995	129.1	90	139.7	34.5	0	0	0	0	5.9	4.4	67.2	119.3	
1996	121.2	92.5	77.3	49	8.4	0	0	21.4	18.1	64.2	62.5	109.6	
1997	101.4	136.8	115.3	21.4	9.8	0	0	19.2	4.8	49.2	91.4	93.6	
1998	98.6	106.6	85.8	12.9	2.2	3.9	0	1.7	2.2	35.1	35.8	99.3	
1999	107.4	117.4	119.8	60	0.1	3.8	2	0	27.7	64.9	65.1	107	
2000	151.2	138.2	85.8	22.2	7.1	11.2	5.7	14.1	15.5	51.5	40.5	124.9	
2001	197.2	152.9	127.9	23.3	13.5	0	12.6	23.1	14	103.3	81.1	107.3	
2002	114.3	158.8	107.2	55.5	15	7.2	32.2	12.9	27.4	102.4	108	106	
2003	168.2	158.1	198.1	43.3	6.3	2	0.4	14.4	7.8	33	41	145.2	
2004	123.8	134.1	67.7	47.9	17.9	4	14.5	12.4	31.2	46.9	75.8	121.6	
2005	77.7	97.9	102	28.7	2.7	0	0.1	2.1	8.7	31.5	66.9	97.7	
2006	183	116.9	103.9	77	0	6	0	1.1	3.1	97.2	87.8	120	
2007	126.3	109.1	151.6	55.2	7	0	7.8	1.5	1	47.4	84.1	101.6	
2008	107.5	127.3	109.4	18.7	8.4	6.3	0	10.6	5.5	82.8	93.3	152.1	
2009	84.2	115.7	86.5	47.1	6.5	0	4.6	5.8	13.5	36.5	170.4	95	
2010	175.5	91.2	114.6	35.5	7.1	0	1.8	4.6	9.9	88.6	58.7	162.5	
2011	145.9	185.7	152.4	52.2	5.4	1.5	6.8	18.6	33.4	37.2	90.4	148.3	
2012	135.7	191.7	82.4	42.4	0	5.6	0.5	1.4	17.1	57	118.1	193.5	
2013	113.2	186.9	64.6	22.1	3.7	1	2.3	27	7.9	139.6	124.2	146.8	
2014	182	121.4	134.9	60.4	5	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	

Registro Pluviométrico Estación Cay

CAY CAY													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1964	35.5	54.7	72.7	20.6	6	NA	0	NA	0.2	6.7	8.4	47.7	
1965	69.8	51.7	79.9	34.4	0.2	0	0	0.4	21.6	20.5	38.9	118.4	
1966	65.4	101.9	53.6	21.1	28.1	1.2	0	3	15	38.1	53.7	48.3	
1967	46.4	106.5	101.4	21.3	4.5	0	8.4	9.5	11.1	32.4	28.7	80.6	
1968	95.8	120.6	44	8.1	3	2.8	13.7	7.1	12.7	23.5	57.8	26.6	
1969	91.7	87.3	88.1	21.4	0.2	0.7	0	1	7.7	20.4	44.3	76.4	
1970	97.6	69.6	89	38.3	5.4	0	5	0	22.4	25	8.1	126.2	
1971	103.4	123.6	35.9	18.3	0	0	0	0	1.8	21.3	23.4	62	
1972	85.4	22.2	60.4	24.5	0	0	6.4	31.2	7.5	0.1	19.8	65.4	
1973	125.4	86	68.8	43.5	12.9	2.6	6	11.4	16.6	15.7	27.8	71.7	
1974	70	118.5	88.9	27.5	4.6	0	0	20	0	10.2	14.3	43.8	
1975	72.3	104.5	69.8	20.8	19.6	2.9	0	6.3	16.8	12	21.1	112.8	
1976	100.9	83.2	62.8	31.7	13.5	12.3	0	0	17.4	2	4.9	27.5	
1977	61.5	100.7	63	27.8	0	0	2.4	0	19.7	8	59.5	30.4	
1978	99.9	48.1	48.9	21.2	8.4	0	0	0	13	0	37.1	52.9	
1979	92.1	70.4	91.5	14.2	2.3	0	0	0	2	2.8	30.1	43.3	
1980	67.2	92.5	72.2	8.8	0	0	0	0	0	29.8	19.4	52.9	
1981	92.2	83.4	85.8	25.3	0	0	0	7.7	11.1	30.6	69	43.1	
1982	118.5	55.3	77.2	29.6	0	4.2	0	0	11.1	31.6	55.2	15.4	
1983	48.3	24.7	6	15.9	5.3	3	0	0	1.2	2.3	9	15.7	
1984	133.3	103.2	31	13.8	0	7	0	6.3	0	1.7	6.4	8.9	
1985	27.6	76.9	59.8	34.6	22.5	5.7	0	0	15.7	25	58.9	57.9	
1986	65	38.3	94	21.6	4.9	0	0	0	9	5.8	5.4	51.6	
1987	116.9	30.6	28.4	0	0	0	9.5	0	0	8.7	81.9	33.5	
1988	70.4	60	97	45.1	5.5	0	0	NA	0	5.5	3.6	55.3	
1989	88.1	79.9	76	11	0	0	0	0	0	17.8	32.6	42.1	
1990	78.9	30.6	14.4	21.7	8	22.7	2.2	2.2	0	33	21.8	63.2	
1991	25.9	75.2	24.2	10	5.8	10.9	0	0	0	6.7	43.9	43.2	
1992	49.1	54.9	65.2	13.4	0	14.5	0	10	2.3	24.6	48.8	62.2	
1993	117.7	40.5	50.9	18.6	0	0	0	4.2	0	20.4	57.9	90.7	
1994	70.7	82.3	84.7	18	0	0	0	0	12	31.2	13.6	61.7	
1995	66.8	49.5	87.9	0	0	0	0	0	9.5	6.2	21.6	61.2	
1996	83	57.9	67.3	38.4	6.2	0	0	17.9	9.3	25.6	33.8	75	
1997	63.3	74.9	98.6	7.5	3	0	0	3.5	6.8	15	54.4	61.8	
1998	72.9	72.6	35.4	7.1	0	2.2	0	4.5	0	26.4	26.9	59.5	
1999	72.3	102.3	82.7	32.9	0.8	0	0.4	0	17.6	16.2	24.6	77.1	
2000	111.7	77	81.9	2.9	1.8	11.6	9	3.1	3.7	32.6	17.7	77	
2001	156.4	107.6	103.3	29.6	12.5	0	14.8	24.4	10.5	43.4	50.1	80	
2002	91.1	132.5	98.4	22.7	6	0	29	0	16.3	29.8	48.7	95.8	
2003	103.6	111.3	114.5	28.6	2.5	6.2	0	17.3	10.4	7	19.5	90.9	
2004	120.9	106.9	72.2	18.7	10.9	34.8	13.3	11.4	23.5	26	38	63.2	
2005	72.6	91	85.2	30.8	3.8	0	0	5.9	3.5	28.9	46.6	64.5	
2006	119.6	86	107.8	52.7	0	8.5	0	8.2	7.2	40.8	50.4	76.1	
2007	93.3	73.3	110	37	4.5	0	4.9	1.4	0	26.6	42.9	54.7	
2008	98.2	96	41.5	10.7	14.7	16.2	0	9.2	7.2	34.8	46.3	100.2	
2009	78	89.3	62.6	22.3	6.5	0	4.5	2	6.7	5.7	80.5	78.1	
2010	159.3	92.6	73.1	13.7	4.1	0	2	7.8	8.7	37.2	24	107.3	
2011	83.1	128.1	95.5	36.9	0.3	4.5	5.5	0	19.7	26.7	31.3	99.6	
2012	83.3	160.9	55.1	24.6	1.9	0.8	3	1.7	9.7	6	60.7	138	
2013	111.4	116.9	64.8	22.2	3.9	3.6	6	5.7	11.2	58.6	49.6	136.2	
2014	143.2	105.2	48.7	45.9	7.8	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	

Registro Pluviométrico Estación Ccatcca

CCATCCA													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1964	48.2	73	96	30	7.1	NA	0	NA	0.3	10.6	12.1	66.5	
1965	74.7	77.8	101.7	46.8	0.3	0	0	0	31.6	23	47.3	121.3	
1966	60.9	161.2	44	22.5	30.4	0	0	8.2	26.1	60.4	86.5	39.6	
1967	56.1	131.4	113.5	38	8.3	0	11	7.6	8.5	47.4	50.7	117	
1968	135.7	141.5	69	18.3	0	0	17.9	15.5	3	39.5	75.5	58.5	
1969	111.7	133.2	77.5	31.5	0	3	0.5	2	12.7	19	58.2	99.2	
1970	114	64.2	117.5	55.9	10	6	6.5	0	29.5	25	41.5	176.1	
1971	81	157	63.2	40	0.5	2.5	0	0	2	29.1	33.5	64.1	
1972	128.6	50	64	18.4	7.3	0	11.3	28.4	9.8	14.6	51.6	85.6	
1973	162.1	84.6	131.2	51	14.6	6.4	9.4	10	18.6	36.4	72.2	90.1	
1974	107.8	164.6	116.8	43.4	1.4	5.8	0	58.8	12.4	20.4	17.4	96.2	
1975	98.3	130.1	85.1	38.8	19.6	2.4	1	8.2	24.6	12.6	38.8	128.4	
1976	102.4	88.5	112.6	46.8	12.6	3	0.2	0	18.4	0	18.2	70.8	
1977	83.7	111.8	77.4	36.5	4.8	0	5.6	0	28.9	37	90	58.2	
1978	131.2	89.4	129.4	43.6	8	0	0	0	19	13	72.8	96.9	
1979	110.4	102.6	123.8	26.2	2	0	0	10.2	7.6	21.8	56.8	88.6	
1980	92	128.8	91	20.6	0	0	0	3.2	9.2	55.6	51.2	75.8	
1981	159	102.8	141.6	42.9	0	0	0	10.2	24.8	66.4	111.4	94.8	
1982	146.2	58.4	136.6	43.2	0	1	2.8	3.4	21.8	56	65	73.2	
1983	81.4	48.2	39.4	6	3.7	0	0	NA	1.7	12.7	25.9	51.7	
1984	181.2	137.7	5.1	33.3	0	NA	0.5	NA	0.1	2.7	9.1	12.4	
1985	77.9	102.7	78.9	50.6	26.5	NA	0	NA	22.9	39.7	84.4	81.5	
1986	65.9	74.9	137.8	28.4	4.7	0	0	1.2	12.9	23.1	29.7	54.4	
1987	205.7	82.8	57.7	17.7	5.8	5	12.4	0	0	43	95	94.8	
1988	89.8	66.5	141.8	65.8	7.5	0	0	0	8.1	19.3	17.1	94.7	
1989	110.8	114.3	101.1	33.2	10.3	6.7	0	7	9.3	20.9	27	37.6	
1990	115.7	68.7	55.2	24.2	9	37.9	0	8	1.3	39.4	31.2	117.5	
1991	70.7	100.4	54.4	31	3.9	23.4	0	0	0.2	26.3	69.9	60.3	
1992	78.5	92.7	49.1	14.9	3.7	33.6	0	25.9	0	43	87.9	43.3	
1993	158.2	102.8	77.8	16.4	2.3	2.1	0	49.1	11.2	31.2	57.9	177.2	
1994	104.9	143.7	110.7	41.6	0.7	0	0	2.5	13.7	47.4	35.6	106.7	
1995	100.7	66.5	97	31.9	0	0	0	0	9.9	10.1	49.5	77	
1996	118.9	86.9	64.8	25.8	8	0	0	22.4	16.5	51	40.4	112.1	
1997	115.3	132.6	121.9	11.3	5.1	0	0	4	8.8	22.4	84.6	63.5	
1998	73.8	129.4	62.7	10.7	0	15.2	0	0	0	31.9	58.8	61.1	
1999	124.3	120.4	102.2	40	0	0	3.2	0	33.8	14	26.2	127.4	
2000	169.3	110.5	107.7	20.1	2	1.8	6.4	6.6	11.4	56.3	14.9	91	
2001	212.7	153.9	126.9	37.6	14.7	0	18	24.9	17	68.9	67.8	74.3	
2002	102.5	176.9	144.8	62	8.3	13	34.8	9.1	25.4	67.3	85.4	149.4	
2003	120.4	142.6	133.4	38	10.3	9.2	2.5	25.5	4.8	15.7	17.8	123.5	
2004	169.7	106.5	91.6	28.5	17.2	28.2	17.4	14.7	34.4	55.4	69.9	91.3	
2005	60.2	147.4	109.8	31.1	2.8	0	1.5	5.6	9.9	27.5	77.7	98.7	
2006	162.6	108	107.4	70.3	0.4	3.3	0	14.1	6.6	84.6	72.3	118.6	
2007	129.5	97.4	107.6	31.9	9.9	0	5.1	1.9	2.5	53.7	50.7	75.3	
2008	151.6	114.7	62.6	24	8.4	6.2	0	13.7	6.4	54.8	87.1	139.8	
2009	112.6	106.6	80.3	31.3	2.4	0	14.9	4	17.3	14.6	141.6	104.7	
2010	206.3	91	148.5	9.8	0	1.7	0.1	4.7	3.6	57.9	30.6	143.4	
2011	133.3	171	147.4	62.1	6.9	4.5	12.7	1.2	36.3	40.1	31.5	130.8	
2012	116.2	168.1	60.9	38.6	3.2	6.9	3.8	3	17.8	18	86.2	183.6	
2013	160.7	173.5	124	29.4	5.5	0.9	3.4	18.1	6.7	94.5	80.1	173.6	
2014	160.2	108.8	69.6	38.2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	

Registro Pluviométrico Estación Colquepata

COLQUEPATA													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1964	62.8	70	96.7	30.8	9.7	NA	0	NA	0.3	14.4	10.1	73.9	
1965	137.6	45.7	94.7	48.1	0	0	0	NA	49.6	27.6	30.8	136.9	
1966	72.9	153.8	75.9	3.2	37.4	NA	0	3.7	15.6	58.4	73.6	86.5	
1967	66.8	118.5	114.9	26	9	1.6	15.3	12	10.8	68.5	34.4	106.2	
1968	116.3	173	50	32.5	1	13.7	36.8	5.1	8.4	36.2	76.4	63.2	
1969	149.7	111.8	112	32.1	2	13.8	1	1.1	16.1	24	48.6	86.2	
1970	152.1	114	120.3	59.2	13.6	8.2	16.6	0	41.7	52.9	19.8	166.3	
1971	171.2	172.9	69.6	44.4	3	2.4	2.6	0	0.1	24.7	24.5	81.8	
1972	114.6	53.2	76.8	49.7	5.9	4.2	13	13.8	19.4	31.2	33.2	104.9	
1973	238.6	94.9	143.6	73.9	26.3	1.4	16.3	10.8	14	22.7	37.8	85.9	
1974	123.7	166.8	111.9	42.3	1	34	1	82.2	1.1	26.3	14.4	62.6	
1975	133.7	122.5	87.1	24.9	31.3	0	3.8	2.7	20.5	5	25.5	139.1	
1976	121.9	68.3	105.1	51.5	11	0	2.8	13.7	24	7.1	18	83.9	
1977	97.7	115.8	92.5	24.4	4.9	0	14.8	0	27.8	19.6	87.7	31.8	
1978	141.4	90	58	45.9	16.1	3.4	6.7	1.4	23.2	3.9	38.8	94.7	
1979	118	75.6	116.7	13.4	1.2	0	0	6.9	6.2	14.1	61.1	68.8	
1980	128.4	118.4	80.1	7.1	7.3	1.8	4.1	7.7	1.2	45.7	33.1	67.7	
1981	194.4	121	76.4	44	0	1.2	0	14.3	31.5	59.2	86.6	67.2	
1982	193.4	70.8	103.8	41.9	7.3	3	0.1	10.6	20.7	35.6	85.5	25.5	
1983	76.1	25.5	30.2	13.6	3.5	8.2	9.1	6.7	14.3	12.6	19.3	24.5	
1984	217.4	161.8	4.9	44.3	0	8.9	0.9	6.9	0.1	8.1	28.3	11.7	
1985	93.4	98.5	76.7	53.3	35.9	40.9	2.2	1	29.1	38.3	70.5	77	
1986	79	79.8	105	24.4	3.4	9.3	7.7	4.6	14.3	7.8	10.5	68	
1987	216.8	30	5.7	10.1	0	6.6	25.5	0	4.2	25.4	80.8	47.6	
1988	134	56.6	123.4	67.5	5.6	2.1	0	0	4.3	0	1.2	72.8	
1989	143.7	110.5	97.3	40	13.2	1.2	0	1.1	6.5	5.6	5.9	12.7	
1990	113.9	50.3	7.5	27.9	5.4	7.7	9	2.6	2.1	25.5	45.4	68.2	
1991	26.9	96.3	35.6	6.7	7.6	8.8	0	0	5.7	8.9	52.6	56.9	
1992	94.2	64.1	20.9	19.3	5.8	7.4	7.7	15.9	4.6	40.7	58.4	54.5	
1993	192	74.8	64.7	14.9	0	8.1	10.8	19.8	11.7	12.3	52.1	139.6	
1994	133.5	107.1	98.8	42.5	1.5	3.3	4.8	0	6.1	52.7	31.3	100.8	
1995	113.2	63.4	93.4	8	3.5	4.5	1.2	3.6	9.2	8	41.4	83.1	
1996	140.5	83.4	65.2	42.3	10.8	0	0	3.9	17.3	49.3	35.8	95.4	
1997	122.2	110.4	111.8	15.6	9.2	1.2	1.2	2.3	3.3	31.7	74.9	81.4	
1998	118.9	73	58.6	0.2	1.2	3.5	0.1	1.2	2.8	40.4	18.3	68.4	
1999	129.5	94.5	106.9	49.3	2.2	1.2	3.3	2.3	22.2	13.3	5.4	91.7	
2000	175.1	121.3	111.6	27.2	2.4	1.3	13.8	1.1	4.7	51.8	1.2	85.9	
2001	269	165.4	155.3	38.5	19.9	1.9	39.7	29.3	20.1	82.1	59.9	91.6	
2002	120.3	162.1	144.2	48.2	17.4	14.3	74.6	23.4	32.6	73.1	51.6	135	
2003	152	164.6	136.9	39.4	13.7	5.8	2	24.7	6.3	19.2	23.2	142.9	
2004	174.9	122.9	80.2	13.5	11.7	9.3	26.7	26.9	33.2	40.4	50.9	109	
2005	63.4	116.5	73	35.6	8.4	0	4.7	4.8	8.6	32.7	47.4	68.4	
2006	176.2	105.5	89.6	69.4	2.2	1.2	0	24.8	7.1	70.6	67	113	
2007	145.9	75.4	163.5	38.9	15.8	0.4	8.7	12	7.7	37.1	39.1	88.4	
2008	165.2	138.9	76.7	36.6	16.8	19.6	4.4	18.2	18.6	62.9	57	153.5	
2009	138.4	122.8	109.5	23	1.6	0	20	3.4	7.7	7.8	104.8	114	
2010	225.5	113.5	111.5	15.1	4.4	10.1	0.1	1.3	10.5	57.1	27.1	145.8	
2011	149.1	169.9	148.6	55.9	6.1	12	21	11.3	42.5	39.2	34.1	121.3	
2012	137.2	166.5	60	32.2	9.3	5	2.7	4.8	28.8	15.2	80.8	175.3	
2013	182.3	160.6	116.6	41.6	7.3	18.5	5.3	27.7	9.5	103.7	59.4	169.2	
2014	199.6	86.7	82.2	40.8	25.4	6.1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	

Registro Pluviométrico Estación Granja Kcayra

GRANJA KCAYRA													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1964	57.6	73.9	101.6	26	6.5	0	0	0	0	36.5	0	65.6	
1965	101.8	100.5	112.4	60.3	0.2	0	0.4	1	29.6	58.3	42.5	153	
1966	78.3	171.2	79.9	18.3	19.8	0	0	1.7	31.9	59.7	97.6	71.4	
1967	59.1	118.4	140.3	19	1.8	0.6	11	19	18.3	70.9	57.2	125.6	
1968	149.4	163	84.5	34.6	0.1	5.3	14.8	8.6	16.3	45.4	86.7	54.4	
1969	144.4	118	88.1	16.8	2.9	3.3	0.4	3.9	22.8	29.8	54.7	112.6	
1970	170.6	92.6	132.5	86.1	2.3	1	3.7	3.4	42.1	46.1	48.2	177.4	
1971	128.9	161.6	83.6	40	1.5	0.1	0	5.7	3.5	55.7	51	91.4	
1972	138.5	66.8	57.2	29.7	3.4	0	6.5	27.3	12.2	7.9	50.2	100.2	
1973	221.3	120.9	99.6	75.2	9.8	0	9.1	11.8	14.5	65.1	88.8	96.5	
1974	102.5	157.7	121.5	34.5	3.6	8.2	1	34.6	5.9	43.3	60.9	70.1	
1975	124.7	131	55.3	43.1	14.9	0.7	0.3	0.6	29.3	47.5	51	170.1	
1976	119.6	83.1	123.1	42.9	8.9	8.7	0.7	2.5	26.8	25.3	47.8	66.8	
1977	116.7	122.8	69.3	47.6	0.3	0	4.4	0	29.9	65	108.2	78	
1978	175.4	106.1	88.5	48.7	6.4	0	3.4	0	13.7	12.3	86.7	117.9	
1979	101.1	131.6	108.8	46.8	6.2	0	0.9	8.1	11.5	18.4	85.6	81.8	
1980	106.2	126.4	95	23.2	3.7	0	0	1	12.6	62.9	60.2	83.1	
1981	175	80.8	124.4	56.9	1.8	3.9	0	9.8	29.5	70.4	120.8	92.5	
1982	178.9	74.7	101.7	58.8	0	9.2	3.4	4.9	14	37.9	122.5	49.8	
1983	75.7	84	54.5	29.8	3.4	6.2	0.5	0.9	5.5	26	44.3	54.6	
1984	198.6	142.4	5.1	39.9	0	2	1.3	11.4	4.2	3.3	11.6	13.1	
1985	129.1	119.4	74.2	60.7	15.6	11.6	0.9	0	27.3	62.1	116.5	86.1	
1986	76.4	92.2	125.7	38.6	6.2	0	1.8	4.2	7.5	17.3	36	102.7	
1987	224.3	87.9	48.6	13.1	2.1	1.3	9.2	0	8.2	26.5	101.8	107.6	
1988	163.8	84.3	127.7	79	4.6	0	0	0	9.9	36.2	47.6	103.7	
1989	151.4	126.8	119.3	38.6	6.4	9.1	0	6.1	11.1	10.3	60.7	38.9	
1990	157.6	53.1	60.2	47.4	7.5	31.8	0	5.8	0.3	73.7	39.6	66.5	
1991	97.6	101.5	61.9	45.1	3.6	5.1	1.5	0	0.2	12	83.6	63.7	
1992	114.1	102.4	57.5	14.9	0	19.4	0	21.4	8	50.7	117.4	57	
1993	206.7	110.5	75.8	18.8	0.9	0	2.7	6.9	2.4	46.2	79.2	156.2	
1994	177	113	102.3	45.5	0.5	0	0	0	25.7	66.3	40.5	119.9	
1995	122	94.8	95.3	17.8	0	0	0.6	1.2	16.5	26.7	70.2	102.6	
1996	131.9	98	70.5	32.3	5.1	0	0	6.3	19.6	62.1	54.3	106.7	
1997	123.3	127.7	104.8	31	4.8	0	0	7.1	12.3	44.4	113.8	91.1	
1998	116.3	111.4	22.6	31	1.6	1.9	0	1.6	4.3	49.8	49.7	58.9	
1999	89.3	92.2	92	42.8	1.3	3.4	1	0	30.5	18.8	39.7	119.5	
2000	197.4	137.3	119.5	10.9	2.6	5.8	2.7	4.5	10.7	49.3	29.3	82	
2001	233	173.1	137.4	36.4	11.5	0	17.4	10.2	20.6	83.8	96.8	89.4	
2002	134.5	184.6	112.7	56.3	8.3	2.5	27.1	3.7	29	78.7	97.8	132.4	
2003	163.9	135.5	142.9	56.5	2	6.4	0	21.3	3.7	34.6	23.1	123.8	
2004	173.7	125.8	66.5	21	8.3	20.5	17	9	41	25.6	60.9	87.9	
2005	140.8	122.9	120.2	33.1	3.2	0.4	1.2	4	4.5	39.1	59.3	102.5	
2006	203.4	111.3	107.1	81.2	0.2	4.9	0	10.5	7.5	72.5	67.8	147.2	
2007	140.8	99	107.3	56	5.8	0	4	0	1	49.4	72.4	88.4	
2008	159.3	109.2	64.4	7.6	8.7	2.1	0	3.9	13.9	51.7	90.2	131.9	
2009	112.5	108.3	79.1	21.3	5.3	0	8.5	0.7	15.1	8.3	159.2	82.9	
2010	268.6	110.6	129.2	16.6	1.3	0.1	1.4	4.7	8.2	63.6	40.4	174.1	
2011	103.4	179.3	131.9	67.6	3.9	3.2	3.7	0	38.9	38.2	60.2	110.2	
2012	136.2	157.9	41.7	48.1	4.5	1.2	0	0.1	18.4	19.5	138.2	179.5	
2013	187.3	137.2	75.5	36.3	6.4	6.1	2	12.4	6.3	105	86	159.4	
2014	161.9	116.5	40	35	10.1	0	3.2	5.8	12.6	82.2	37.5	155.9	
2015	NA	140.9	66.7	70.8	16.4	3.9	10.3	4.6	NA	19.1	NA	NA	

Registro Pluviométrico Estación Paruro

PARURO													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1964	77	149	174	38.2	3.2	0	0	0	0.3	29.1	19.4	91.5	
1965	122.4	112.6	174.1	52.6	2	0	0	0	40.1	24.3	32.3	179.2	
1966	64.7	211.5	89.6	13.2	22.7	0	0	4.1	39.7	65.1	122.6	82.7	
1967	96.8	196.8	258.6	22.2	3	0	5.7	18.3	14.2	72.2	46.5	154.8	
1968	229.5	253.6	166.7	20.5	0	0	9.4	4	25.4	49.8	147.3	91.7	
1969	219.7	183.6	224.8	16.3	0	3.2	0	0	16.1	36.3	92.5	146.6	
1970	233.7	146.2	227.1	65.2	6	1.5	3.4	5	40.2	50.8	59.4	250.9	
1971	132.4	272	77.6	47.5	0	2.8	0	0	8.4	49	48.7	141.7	
1972	204.9	95.9	98.1	41.9	5	0	4.4	18.7	13.9	28.2	57.3	107.8	
1973	251.4	180.8	149.7	61	15.1	0	3.6	13.3	31.1	40.5	112.2	89.7	
1974	177.3	205.5	254.9	62	0.8	10.2	0	37.8	8.5	49.2	46	83.9	
1975	158.7	187.8	116.9	56.2	22.9	4.2	0	2	28.1	30.1	55.8	218.9	
1976	154.6	106.3	210.8	56.6	14.3	4.2	0	0.8	38	23.2	81.6	120.7	
1977	112.3	170	175.9	60	3	0	2.6	0	36.6	39.8	106.6	63.2	
1978	229.9	87	223.4	45.8	11.6	4.8	0	0	24.1	16.8	129.8	114.9	
1979	237.4	136	233.6	33.7	4.9	NA	0	NA	7	13.4	78.2	94.6	
1980	179.7	194.4	184.1	6.6	0	0	0	0	14.4	42.5	63.8	101.6	
1981	258.3	158.8	205.5	34.5	0	4	0	12	26.5	70.5	166.9	120.5	
1982	283.8	116.2	197.1	48.4	0	NA	0	NA	20.6	44.8	144.5	64.8	
1983	111.7	74.3	74.5	26.1	3.7	NA	0	NA	2.2	15.5	41.7	71.2	
1984	319.1	216.9	9.8	37.3	0	NA	0.2	NA	0.1	3.3	14.7	17.1	
1985	137.1	161.7	152.5	56.7	26.3	NA	0	NA	29	48.3	135.9	112.2	
1986	116	131	210.8	36.1	0	0	0	0	16.6	2	45.7	99.1	
1987	363.2	75.2	91	19.8	0	0	8.6	0	6.4	27	155.8	108.5	
1988	196.8	128.8	247.5	73.8	7.5	NA	0	NA	0.6	23.5	27.5	106.1	
1989	220.5	168	195.3	37.3	5.7	0	0	0	11.8	10.3	43.5	50.7	
1990	167.2	82.6	64.6	30.5	8.9	NA	0	NA	0.3	54.6	50.3	121.3	
1991	103.5	158	120	22.4	5.6	NA	0	NA	0.2	12	101.4	83	
1992	138.2	105.3	111.3	19.3	0	NA	0	NA	6.1	51.3	112.5	79.5	
1993	281.8	122.9	129.8	38	0	0	0.2	5	2.6	57	90.5	239	
1994	202	163	166	46.5	0.7	0	1	1	17.4	91	60.4	159	
1995	165	72	126	24	0	0	0	0	17.5	34	60.4	157	
1996	218	110	95.3	46.2	7.9	0	0	34.5	26.1	76.3	82.9	176	
1997	179.3	152.5	173.5	22	13	0	0	9	4	39.9	180	125.5	
1998	177.5	149.2	96.2	19.5	0.3	3	0	1.5	0.7	50.9	94.5	105	
1999	188.5	173.7	156.8	52	0	2	0	0	28.5	33.3	37.5	133.5	
2000	267.5	198.5	115	13.5	4.5	10	3.5	11	7	70.5	15.4	95.4	
2001	374.5	172.9	263.5	42.1	14.6	3.5	10.5	6.7	16	78.1	75.4	91.5	
2002	142.8	255.9	255	43.9	12.7	4.2	18.5	18.8	29.7	61.6	114	156.3	
2003	248.2	234	292.1	50.5	5.9	2.6	0	8.7	7.4	36.9	38.2	161.7	
2004	274.3	219.7	136.2	22.6	14.1	12.2	8.7	0	34.4	59.8	53.8	148.1	
2005	113	191.3	189.6	23.3	1.9	0	2.5	2.2	0.4	43.3	96.6	105.6	
2006	286.3	133	207.6	90	0	6.2	0	8.8	2.3	78.8	77.2	163.5	
2007	176.5	154.2	280.7	46.7	2.1	0	0.6	0	11.3	39.5	101.7	127.7	
2008	235.2	201.9	100.3	22.5	12.5	4.5	0	3.2	14.5	52	75.1	192.4	
2009	178.3	123.2	92.7	33.4	6.5	0	6.4	0.3	11.8	16.3	213	150.7	
2010	339.5	153.9	223.7	22.4	4.5	0	0	6.9	2.5	59.1	62.1	183.5	
2011	199.1	241.1	268.8	51.1	2.4	3.2	4.9	0.7	40.3	72.1	47.3	208.8	
2012	139.8	283.7	111	30.7	1.4	4.4	1.6	0	26.7	28.8	148.7	241.6	
2013	266.8	188.9	97.9	33.9	0	7	1.5	15.4	14.7	106.9	101.2	203.9	
2014	252	168.5	96.5	62	6.1	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	

Registro Pluviométrico Estación Pisac

AÑO	PISAC											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1964	62.3	62	79	43	8	0	0	0	0.3	10.5	35	64.3
1965	60.5	86.1	132.1	71.9	0	0	2.5	0	40.1	11	17	130.6
1966	61	148.5	91.9	2	45.6	0	2	0	16.4	60.2	80.5	37
1967	50	138.3	173.8	31.4	13	2.4	17.1	9.9	9.5	37.9	59.2	108.8
1968	128.7	179.9	112	13.4	1	5.2	17.9	0.2	8.6	37.2	112.9	30.2
1969	138.4	129.1	151.6	61.1	0	19.5	0.6	4.1	19.9	26.6	60.5	103.8
1970	150.4	102.8	152.6	57.3	7.4	6.4	7.2	11.3	36.1	45.6	17.4	170.2
1971	155.4	191.2	80.7	58.3	0.1	5.9	2.1	9.1	0	50.3	18.6	83.7
1972	108.8	53.3	136.5	25.9	4.1	0	7.4	12.8	13.3	4.2	24.8	77.5
1973	185.1	127.1	141	91	25.2	9.7	12.9	13.4	18.6	32.9	56.8	87.9
1974	131.7	184.6	130.1	50.7	4.1	11.4	1	27.8	6.2	10.1	11.5	70
1975	80.6	144	83.8	44.1	44.6	5.1	0	0	16.8	24.6	36.3	142.4
1976	133	98	123.7	66.3	22.8	3.2	2.1	2	21.8	4.1	39.6	39.8
1977	86.5	112.5	69.4	34.3	0	0	4	4.1	31.7	19.1	89.2	49.7
1978	145.3	100.7	128.2	81.3	16.3	0	0	0	21.9	2.1	37.9	81.9
1979	123.4	119.9	179.4	59.3	7.1	8	6	2	19.9	18.4	39.2	73.2
1980	92.8	136.7	123.8	29.5	2	0	0	11.3	10.1	39.8	41.4	48.5
1981	159.2	123.3	143.1	61.4	9.3	4.2	0	3	27.2	57.7	118.1	84.7
1982	175	68.4	132.5	61.8	0	8	1	15.1	19.9	30.1	104.6	18.7
1983	68.9	31.1	50.1	29.9	0	2	0	6.1	1.9	18.5	30.6	34
1984	196.7	152.5	6.6	47.7	0	NA	0.5	16.5	8.1	2.7	9.5	13.6
1985	84.5	113.7	102.5	64.3	43.7	0	0	5.1	28	39.5	88.2	78.8
1986	27.8	118.9	134	38.5	12.5	0	2.1	3.4	4	2.1	8.3	69.6
1987	196.2	46	24.6	13.4	0	14.6	9.1	0	0	8.2	101.2	76.2
1988	96.1	99.6	193.4	94.2	12.4	0	0	0	2.3	12	13.7	85.9
1989	116.3	94.8	111.5	25.9	8.1	0	3	9.2	7.2	20.5	20.2	27.2
1990	76.7	45.6	20.3	39	6.2	38.5	0	3	8.4	44.1	32.7	115
1991	76.2	101.7	64.6	31.4	11.5	8	0	2	2	9.9	61.4	65.4
1992	81	45.4	31.7	22.6	0	26	0	13.3	4	32	91.8	73
1993	178.9	82.9	87.3	36	8.3	4.2	0.5	14.3	3	18.2	65.3	142.9
1994	120.8	118	151.6	59.8	5.3	0	0	0	12.4	52.6	13.2	103.2
1995	98.9	79.5	80	7.2	4.2	0	0	0	12.2	24.2	51.8	85.1
1996	117.6	69.3	44.4	69.3	12.2	0	0	21.6	15	52.5	47.5	97.7
1997	110.5	127.4	150.8	4.1	15.3	0	0	20.1	18.1	13.5	108.9	97.8
1998	129.8	98.7	38.2	21.6	4.2	3	0	0.8	0.1	41.7	50.9	51.3
1999	93.2	122.3	127.8	68.8	4.9	NA	2.6	0	30	17.7	40.2	105.9
2000	159.8	105.4	121.8	2.2	9.1	3.7	7.8	2	4.4	41.6	11	70.6
2001	211.2	136.4	152.2	53.8	24.3	0	19.4	5.6	8	50	77.4	102
2002	90.6	161.4	171.4	67.3	21.2	4.3	46.6	3.3	26.8	61	91.6	127.9
2003	114.4	164.5	196.3	54.4	4.4	6.8	0	23.6	4	31.7	18.3	120.9
2004	149.9	109.2	95.6	15.8	21.2	16.4	20.1	6.9	32.5	25.9	43	94.3
2005	127	134.5	127.4	29.6	0	0	1.5	3.7	4.1	18	50.5	58.6
2006	170.7	82.2	125	96.9	0	30	0	14.3	5.2	64.5	69.7	117.1
2007	102.7	108.4	188.6	42.1	7.6	0	1.7	0	4.9	32.7	66.9	83.3
2008	154.3	151.5	61.5	8.5	20.7	3.6	0.7	3.2	9.8	46.8	64.1	133.9
2009	89.9	89.4	66.2	46.6	10.1	0	11.9	0.8	20.4	8.2	118.1	115.3
2010	270.1	145.1	155.8	6	6.5	1.1	1.4	11.4	1.8	72.7	26.3	144.8
2011	100.7	170.6	180.7	77.3	6.8	7	8.6	0.6	27.9	26.2	48	139.5
2012	123.9	199.4	54.2	30.1	1.2	0	0.8	0.5	24.1	8.6	90.9	146.8
2013	164.5	152.2	68.1	23.3	10.7	5.4	4.1	15.8	5.6	92.7	52.9	170.1
2014	143.8	82.6	68.7	50	12.8	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Registro Pluviométrico Estación Pomacanchi

POMACANCHI													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1964	50.5	81.9	82.9	29	7.8	NA	0	NA	0.3	9.8	15.4	72.5	
1965	85.7	87.2	87.9	48.5	0.3	NA	0	NA	33.5	26.4	47.1	147.2	
1966	75.7	150.4	61.1	13.1	30.3	NA	0	NA	23.2	56	98.3	71.4	
1967	57.5	140.1	115.6	21.1	9.1	NA	5.6	NA	16.3	47.8	52.6	122.5	
1968	136.3	180.6	74.5	17.7	0.2	NA	9.1	NA	13.3	34.6	116.9	63.3	
1969	130.4	130.7	100.5	30.2	0	NA	0.2	NA	13.4	27.7	74.4	116.1	
1970	138.8	104.1	101.5	53.9	7.1	NA	3.3	NA	34.7	42.4	36.8	191.8	
1971	114.5	193.7	62.5	41.8	0.1	NA	0	NA	1.9	31.3	42.8	94.3	
1972	121.4	70.9	68.9	34.5	4	NA	4.3	NA	11.6	13.7	50.8	93.3	
1973	178.3	128.7	98.9	61.3	16.8	NA	3.5	NA	17.9	30.5	78.8	99.1	
1974	109	183.6	100.3	38.8	4.9	NA	0	NA	4.5	21.3	36.5	72.3	
1975	102.8	145.9	79.6	34.7	25.4	NA	0	NA	26	22.9	44.3	160.4	
1976	118.2	99.2	94.3	44.7	15.2	NA	0.1	NA	25.9	7.6	36	73.1	
1977	87.5	135.4	73.7	35.2	0.4	NA	2.4	NA	30.5	30.4	109	56	
1978	140	102	82.4	39.2	10.9	NA	0	NA	20.1	8.1	72.3	105.5	
1979	118.9	121.4	104.4	29	5.4	NA	0	NA	8.9	12.3	71.8	96.5	
1980	95.6	138.5	82.3	19.9	0	NA	0	NA	9.7	43.8	50.6	80.4	
1981	153.4	124.9	95.2	41.3	0	NA	0	NA	26.2	53.7	132.4	95.4	
1982	168.5	82.7	88.1	41.7	0	NA	0	NA	17.2	34.1	114.6	51.3	
1983	66.3	52.9	33.3	22.4	4	NA	0	NA	1.8	11.8	33.1	56.4	
1984	189.5	154.4	4.4	32.1	0	NA	0.2	NA	0.1	2.5	11.6	13.5	
1985	81.4	115	68	48.8	29.1	13	0	5	24.2	36	107.8	88.8	
1986	108	93.3	76	43	5	0	0	1	13.9	26	39	78.4	
1987	189	65.3	39	33	0	0	6.3	0	3	24.4	123.6	85.9	
1988	116.8	91.7	110.7	63.5	8.3	NA	0	0	0.5	9	33	50	
1989	125.2	123	81	32.1	6.3	NA	0	NA	9.8	7.8	34.5	40.1	
1990	99.3	58.8	28.9	26.3	9.8	NA	0	NA	0.3	41.6	39.9	96	
1991	61.5	112.5	53.6	19.3	6.2	NA	0	NA	0.2	9.2	80.5	65.7	
1992	82.1	92	49.8	16.6	0	NA	0	16	6	39.1	87	72	
1993	207	124	58	32	0	2	0.2	12	2.2	30	81	186	
1994	116.4	152	88.6	46	5	0	0	1	14.5	50.5	47.9	117	
1995	134	111	83.8	17.2	0	0	0	2	14.6	9	63.2	95.8	
1996	122.4	96	58.5	57	8.7	0	0	30	14.4	47.3	79	110	
1997	106.5	129.1	100.3	24	10.2	0	0	12	8	30.4	133	81	
1998	142	130	52.6	18	0	0	0	0	1	38.8	57.8	79	
1999	112.9	141	85	46.4	0.1	0	2	0	19	33	39	107	
2000	120	186	81	30	8	14	5	15	20	49.7	39	99.1	
2001	244	159	117.8	45	14	3	9.8	16	19	83	80	107.7	
2002	127	236	114	45.3	14	1	18.4	16	25.8	66	109	124	
2003	166	165	150	36.6	8	9	0	7	18	28.1	50	113	
2004	162.9	175	83	26.7	14.1	10	8	16	36.4	57	68	122	
2005	83	127	84.8	30	2	0	0	5	3	34.7	100	106	
2006	164	123.4	95	65.3	1	11	0	7	4	79	102	148	
2007	172	109.8	125.5	45.1	7.7	0	4	0	4	52	101	104	
2008	158	138	62.4	34	13	5	0	3	18	51.2	78	130	
2009	138	103	81	40	9	0	5.2	0	11	17	160.3	112	
2010	226.6	88	115	19.3	3	0	0	13	5	58	42	156	
2011	119	191.8	132	59	8	5	6	9	35.8	50	41	148.9	
2012	119.3	231	62.8	34.7	2	10	1	3	22.3	20.1	95	170	
2013	180	168	92	46	9	1	0	20	9.3	86.3	103	212	
2014	133	126	93	38	8	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	

Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de enero

OBJECTID	AREA	Inicio	Fin	Pm	Pm*A
1	0.49	179	179	179	87.16
2	16.60	179	179	179	2971.74
Suma	17.09				3058.90
				PM=	179

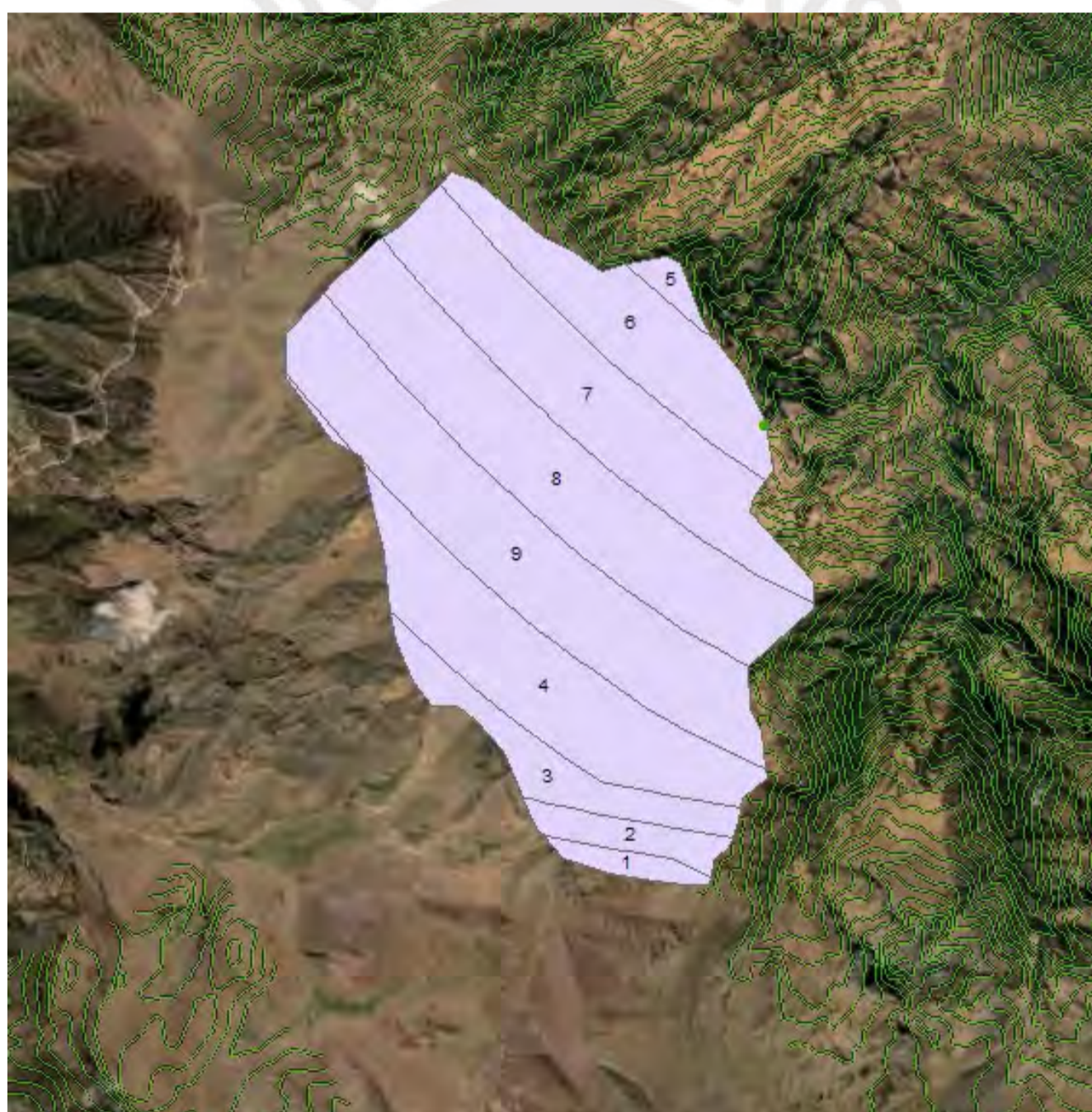
Isoyetas mensuales para el mes de enero



Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de febrero

OBJECTID	AREA	Inicio	Fin	Pm	Pm*A
1	0.45	191	192	191.5	85.48
2	0.52	192	193	192.5	100.46
3	1.69	193	194	193.5	327.04
4	2.87	194	195	194.5	557.40
5	3.53	195	196	195.5	690.16
6	0.11	199	200	199.5	22.29
7	1.74	198	199	198.5	345.26
8	2.73	197	198	197.5	538.57
9	3.46	196	197	196.5	679.18
Suma	17.09				3345.85
				PM=	195.7913

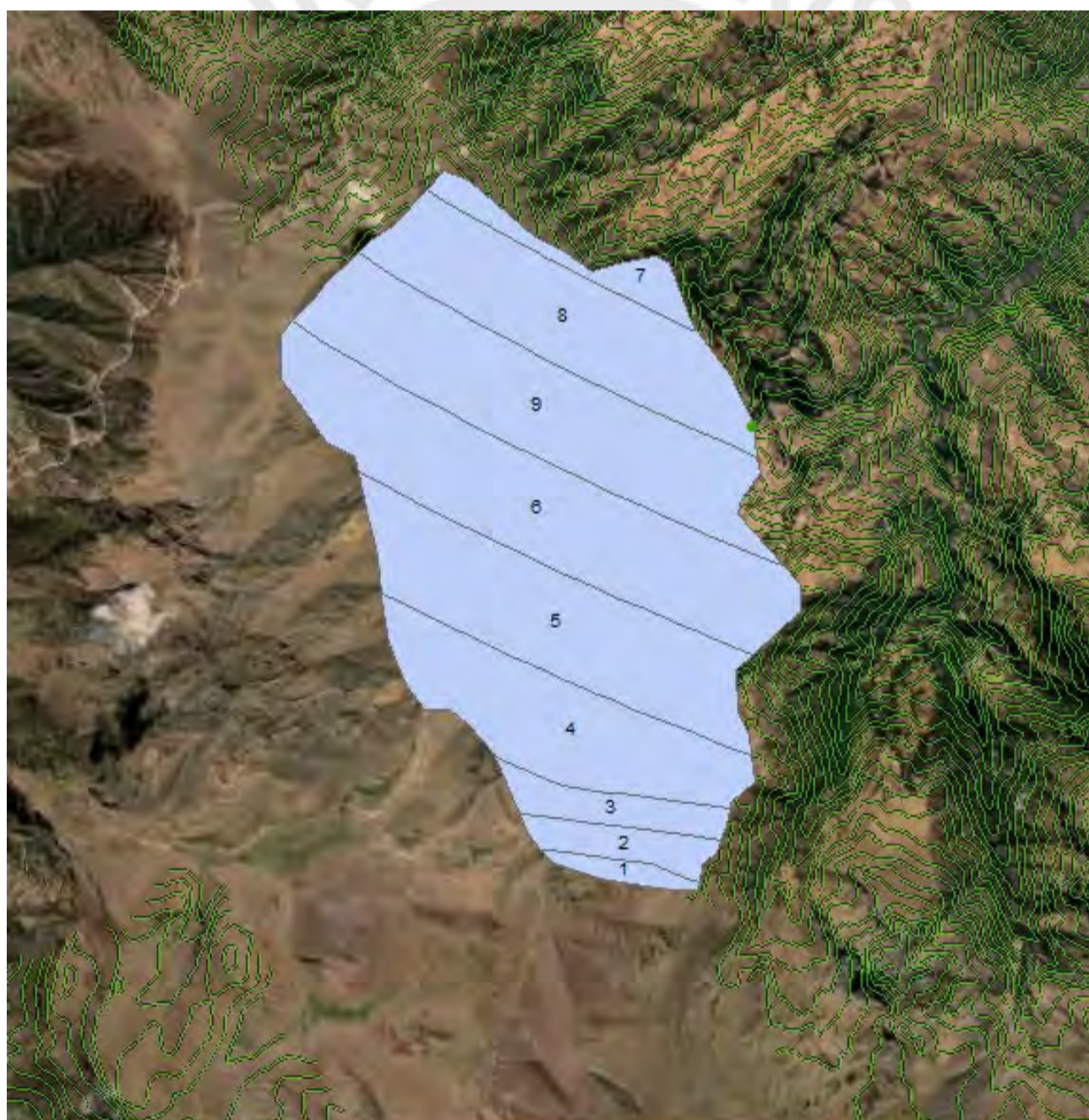
Isoyetas mensuales para el mes de febrero



Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de marzo

OBJECTID	AREA	Inicio	Fin	Pm	Pm*A
1	0.21	166	167	166.5	34.54
2	0.49	167	168	167.5	81.25
3	0.58	168	169	168.5	97.73
4	2.39	169	170	169.5	405.32
5	2.97	170	171	170.5	506.12
6	3.87	171	172	171.5	663.63
7	0.56	174	175	174.5	96.94
8	2.66	173	174	173.5	462.11
9	3.37	172	173	172.5	581.00
Suma	17.09				2928.63
				PM=	171.38

Isoyetas mensuales para el mes de marzo



Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de abril

OBJECTID	AREA	Inicio	Fin	Pm	Pm*A
1	17.1	45	45	45	769.0
Suma	17.1				769.0
				PM=	45.0

Isoyetas mensuales para el mes de abril



Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de mayo

OBJECTID	AREA	Inicio	Fin	Pm	Pm*A
1	17.09	7	8	7.5	128.17
Suma	17.09				128.17
				PM=	7.50

Isoyetas mensuales para el mes de mayo



Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de junio

OBJECTID	AREA	Inicio	Fin	Pm	Pm*A
1	17.09	4	5	4.5	76.90
Suma	17.09				76.90
				PM=	4.5

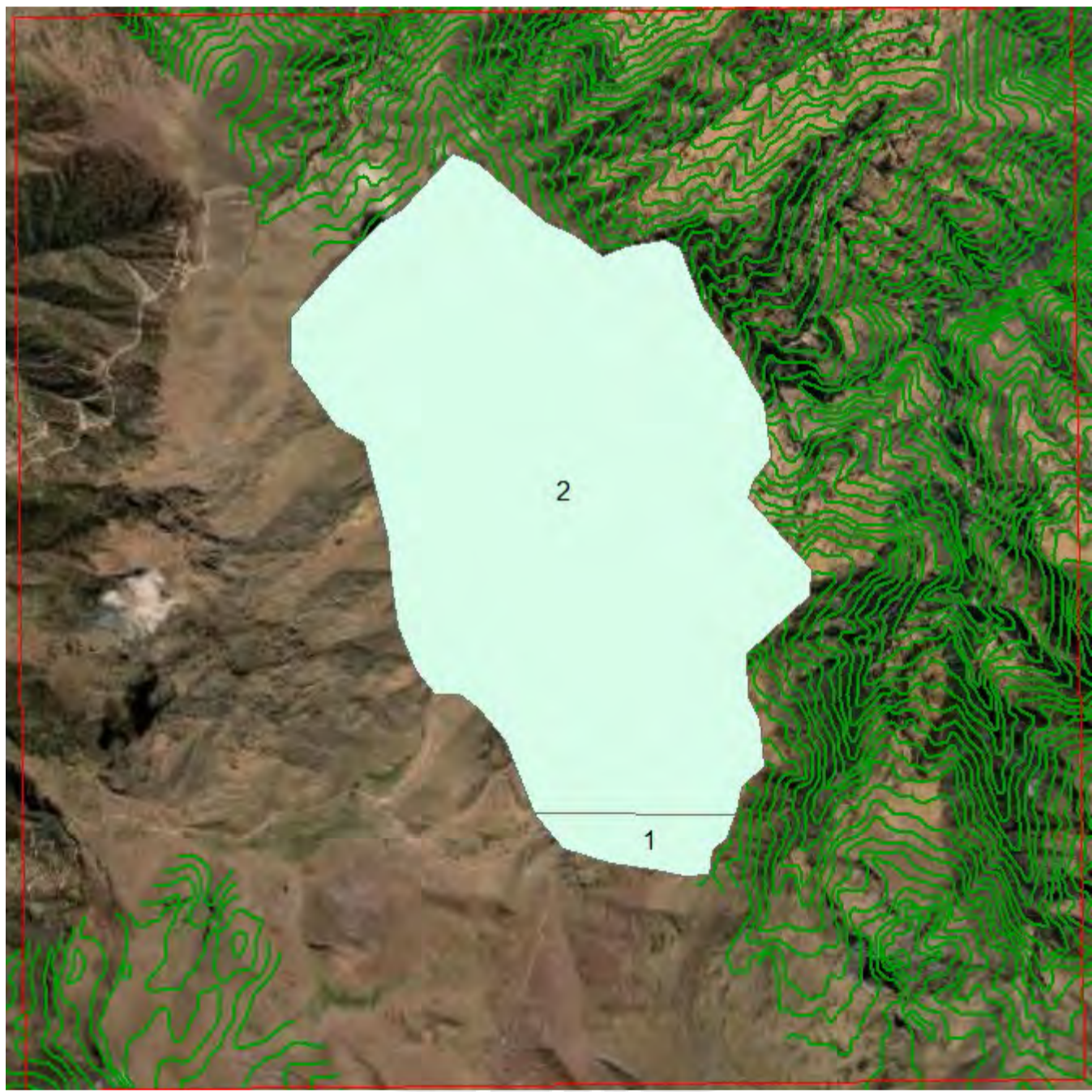
Isoyetas mensuales para el mes de junio



Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de Julio

OBJECTID	Área (km2)	Inicio	Fin	Pm	Pm*A
1	0.67	8	8	8	5.39
2	16.42	8	8	8	131.32
Suma	17.09				136.71
				PM=	8.00

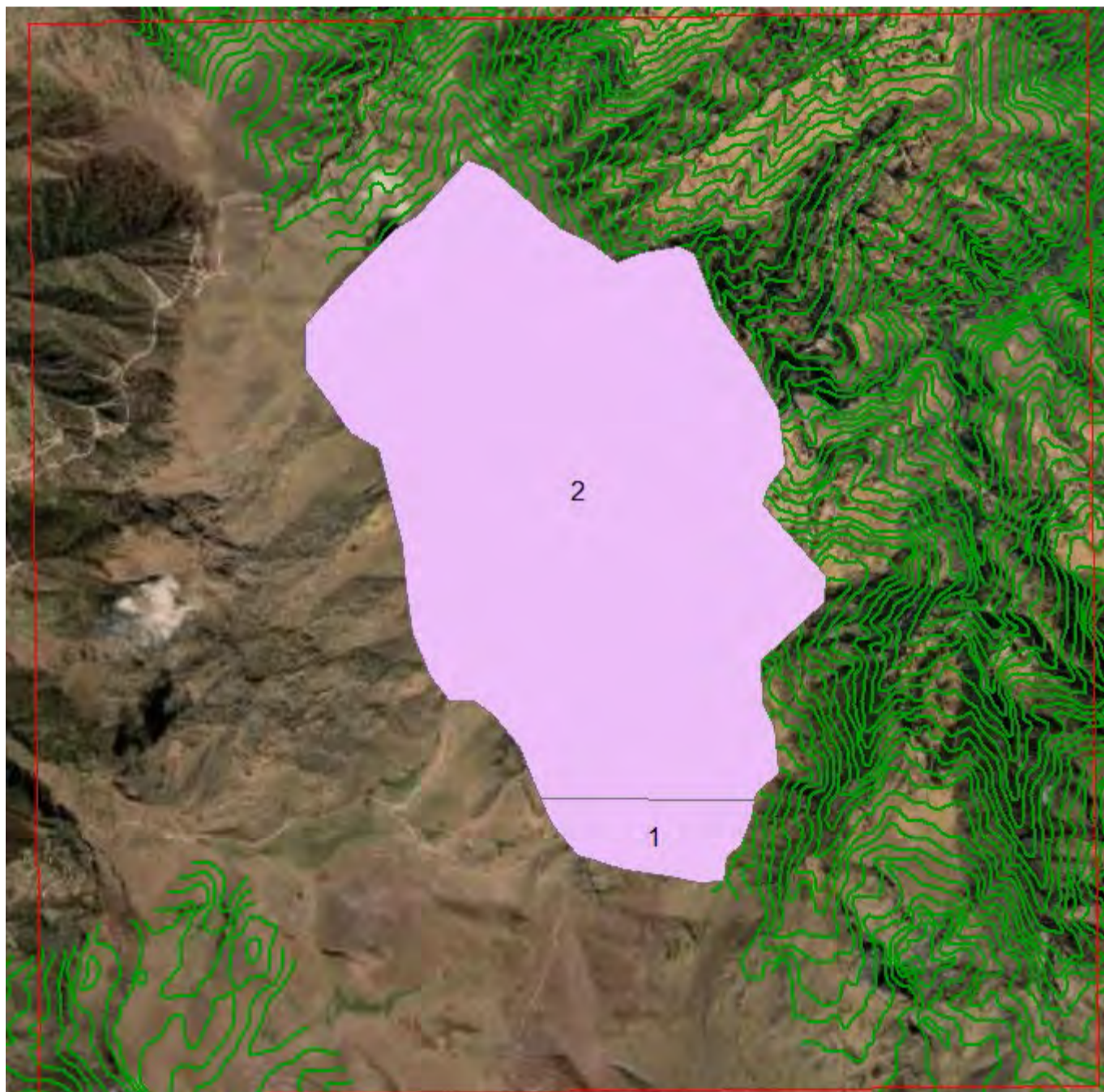
Isoyetas mensuales para el mes de Julio



Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de agosto

OBJECTID	Área (km2)	Inicio	Fin	Pm	Pm*A
1	1.00	13	13	13	13.03
2	16.09	13	13	13	209.12
Suma	17.09				222.16
				PM=	13.00

Isoyetas mensuales para el mes de agosto



Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de septiembre

OBJECTID	Área (km2)	Inicio	Fin	Pm	Pm*A
1	17.09	22	23	22.5	384.50
Suma	17.09				384.50
				PM=	22.50

Isoyetas mensuales para el mes de septiembre



Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de octubre

OBJECTID	Área (km2)	Inicio	Fin	Pm	Pm*A
1	17.09	54	55	54.5	931.34
Suma	17.09				931.34
				PM=	54.50

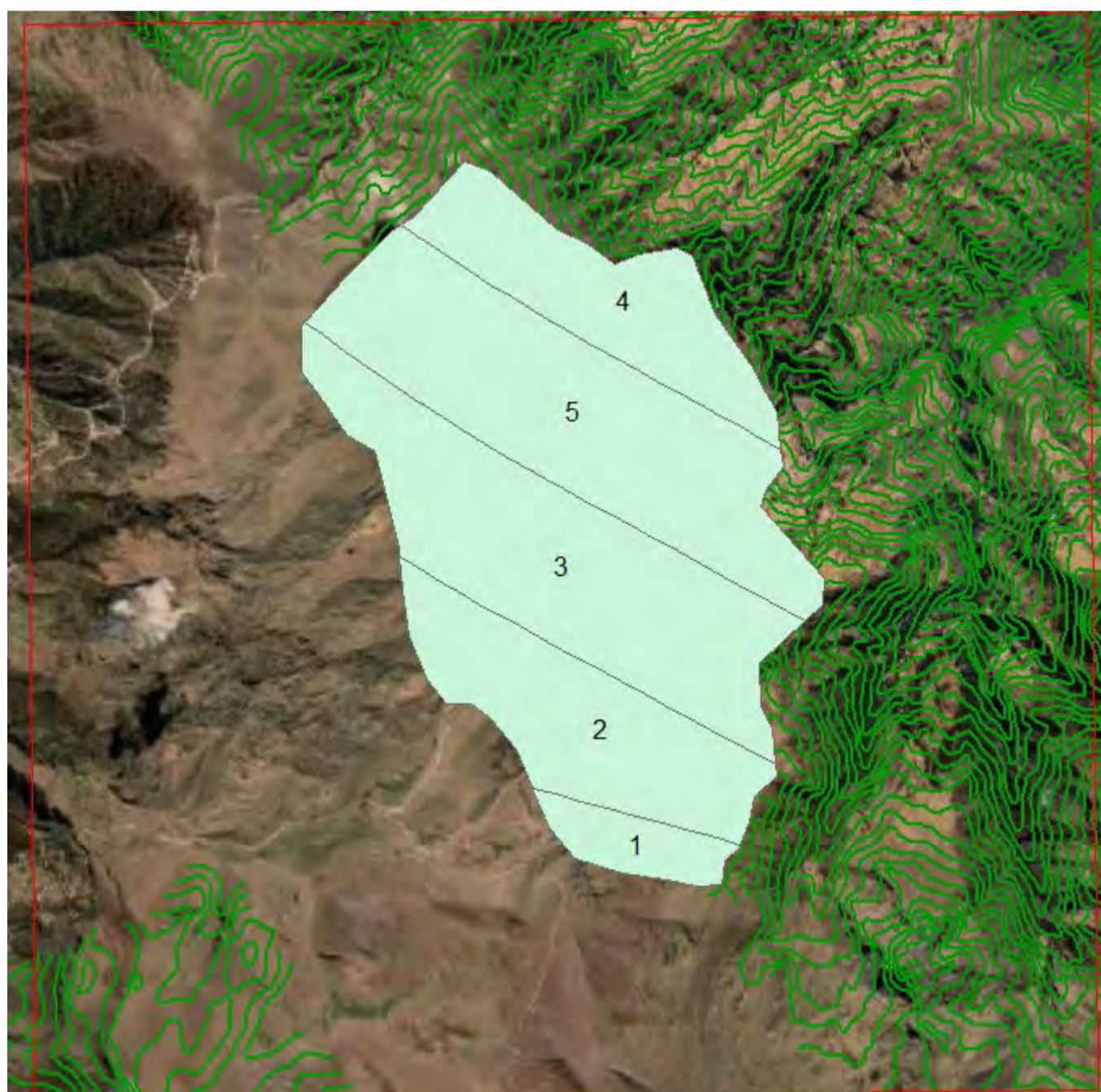
Isoyetas mensuales para el mes de octubre



Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de noviembre

OBJECTID	Área (km2)	Inicio	Fin	Pm	Pm*A
1	0.75	98	99	98.5	74.15
2	3.17	99	100	99.5	315.66
3	5.15	100	101	100.5	517.79
4	2.67	102	103	102.5	273.33
5	5.34	101	102	101.5	542.50
Suma	17.09				1723.43
				PM=	100.85

Isoyetas mensuales para el mes de noviembre



Cuadro de Isoyetas mensuales precipitaciones para el mes de diciembre

OBJECTID	Área (km2)	Inicio	Fin	Pm	Pm*A
1	0.26	145	146	145.5	38.37
2	0.68	146	147	146.5	99.39
3	4.20	147	148	147.5	620.20
4	0.43	150	151	150.5	64.40
5	4.84	149	150	149.5	723.97
6	6.67	148	149	148.5	990.72
Suma	17.09				2537.04
				PM=	148.46

Isoyetas mensuales para el mes de diciembre

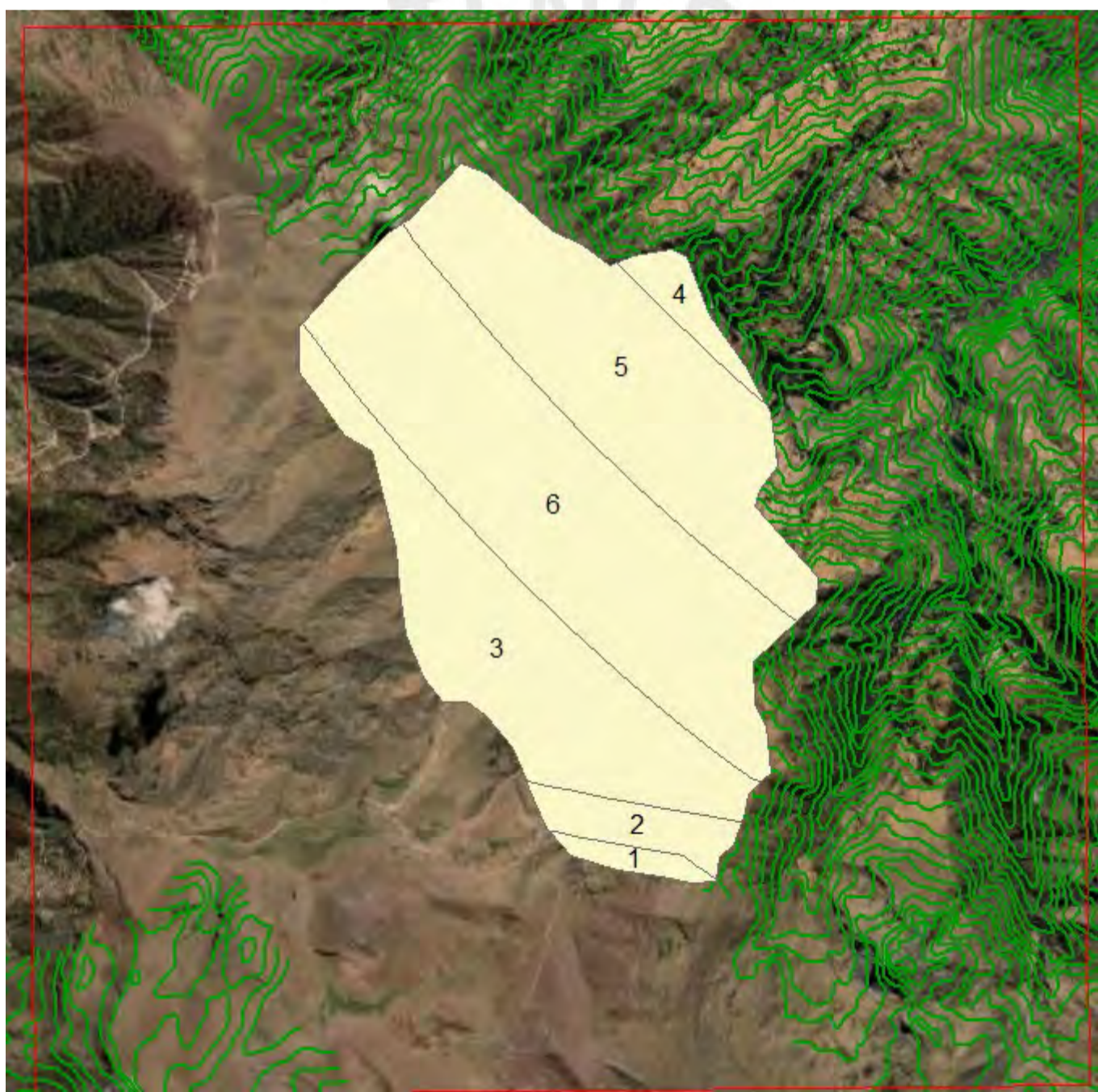
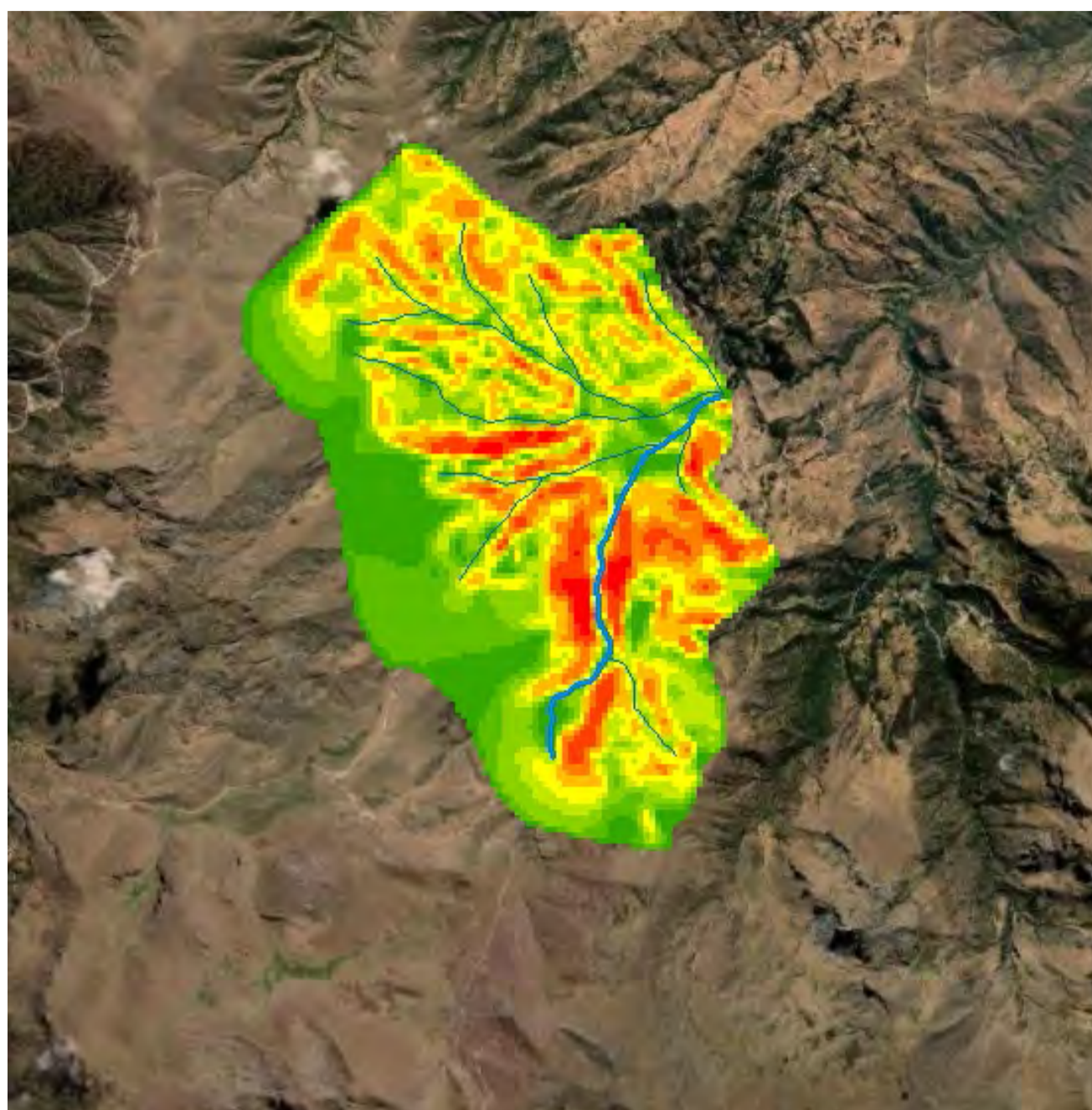


Gráfico de pendientes y curso principal en cuenca Huayllumayo



Caudales de la cuenca Huayllumayo

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1964	2.087	2.24	1.896	1.347	0.8	0.538	0.36	0.311	0.371	0.346	0.597	0.89
1965	1.995	3.351	2.384	1.473	0.813	0.543	0.355	0.318	0.298	0.312	0.353	1.482
1966	2.088	3.55	3.728	2.021	1.179	0.708	0.43	0.325	0.281	0.425	0.488	0.78
1967	2.166	3.616	3.067	1.872	1.037	0.628	0.407	0.3	0.313	0.405	0.41	1.532
1968	3.368	3.803	3.174	1.706	0.903	0.548	0.368	0.313	0.297	0.359	0.785	0.724
1969	2.517	3.129	2.984	1.728	0.923	0.565	0.36	0.304	0.338	0.412	0.879	0.767
1970	2.429	3.382	2.204	1.247	0.754	0.479	0.342	0.294	0.333	0.374	0.419	1.858
1971	2.284	3.496	3.084	1.893	0.983	0.579	0.363	0.295	0.262	0.349	0.39	1.541
1972	4.229	3.956	2.861	1.908	0.983	0.622	0.418	0.338	0.352	0.374	0.52	1.202
1973	2.745	3.312	3.338	2.161	1.089	0.658	0.452	0.366	0.323	0.338	0.535	1.37
1974	3.324	4.543	2.236	1.548	0.824	0.552	0.367	0.381	0.353	0.359	0.397	0.636
1975	2.461	3.577	3.633	2.114	1.955	1.062	0.601	0.382	0.358	0.451	0.431	2.285
1976	2.75	3.978	3.913	2.209	1.139	0.696	0.42	0.33	0.375	0.359	0.332	0.45
1977	0.977	3.759	3.105	1.666	0.886	0.533	0.374	0.328	0.337	0.33	1.497	1.496
1978	2.442	1.653	2.08	1.362	0.746	0.506	0.385	0.297	0.295	0.457	0.721	1.678
1979	1.893	1.641	2.531	1.384	0.739	0.515	0.341	0.325	0.385	0.523	0.5	0.935
1980	2.949	4.29	3.214	2.083	1.095	0.66	0.416	0.393	0.341	0.391	0.513	1.774
1981	3.011	2.194	1.509	1.219	0.664	0.431	0.315	0.296	0.636	0.722	2.11	1.443
1982	1.708	2.802	3.411	2.21	1.109	0.669	0.411	0.309	0.421	0.37	0.341	1.508
1983	2.546	4.923	3.779	1.992	1.048	0.606	0.402	0.392	0.321	0.586	1.303	2.044
1984	1.448	2.959	2.157	1.659	0.861	0.625	0.405	0.341	0.344	0.328	0.635	1.083
1985	1.863	3.028	3.264	2.076	1.043	0.621	0.386	0.394	0.376	0.413	0.345	1.132
1986	4.793	2.69	1.411	0.972	0.596	0.507	0.477	0.426	0.446	0.453	0.588	1.006
1987	4.687	4.242	3.48	2.003	1.049	0.65	0.424	0.304	0.287	0.343	0.348	1.301
1988	2.409	3.183	3.503	2.135	1.104	0.642	0.393	0.347	0.29	0.336	0.369	0.744
1989	2.807	2.308	1.932	1.411	0.75	0.531	0.368	0.309	0.311	0.703	0.808	1.803
1990	1.936	2.199	1.116	0.774	0.509	0.494	0.365	0.293	0.431	0.391	0.43	0.673
1991	2.05	3.133	2.433	1.465	0.768	0.478	0.334	0.381	0.326	0.392	0.575	0.529
1992	3.796	2.705	2.416	2.025	1.013	0.602	0.377	0.343	0.303	0.653	2.252	2.612
1993	3.546	4.743	3.754	2.104	1.134	0.676	0.439	0.35	0.354	0.338	0.524	0.928
1994	2.421	3.041	3.678	2.21	1.134	0.654	0.396	0.334	0.333	0.426	0.461	1.369
1995	2.579	3.459	2.239	1.861	1.013	0.596	0.395	0.368	0.369	0.382	0.43	0.945
1996	3.44	4.39	2.896	1.713	0.899	0.575	0.365	0.349	0.398	0.367	0.701	1.289
1997	2.897	3.422	2.025	1.141	0.643	0.456	0.317	0.281	0.282	0.374	0.465	0.558
1998	1.765	4.144	3.791	2.847	1.418	0.829	0.483	0.346	0.399	0.447	0.483	1.894
1999	2.954	3.771	3.575	1.947	0.982	0.64	0.419	0.372	0.312	0.609	0.506	2.123
2000	4.641	5.73	5.56	3.425	1.714	0.915	0.557	0.386	0.304	0.338	0.369	0.606
2001	1.212	5.29	4.062	2.329	1.195	0.725	0.514	0.372	0.398	0.489	0.644	1.673
2002	2.923	4.371	3.774	2.017	1.045	0.622	0.393	0.349	0.375	0.312	0.531	1.414
2003	2.853	3.697	2.188	1.292	0.734	0.468	0.336	0.343	0.335	0.365	0.473	0.885
2004	1.386	2.452	2.124	1.305	0.735	0.506	0.364	0.285	0.294	0.415	0.42	2.078
2005	5.127	3.929	3.172	1.779	0.943	0.609	0.4	0.364	0.339	0.418	0.574	1.239
2006	1.872	2.398	1.915	1.233	0.715	0.499	0.383	0.298	0.315	0.381	0.437	1.07
2007	2.462	2.238	1.352	0.807	0.502	0.393	0.315	0.269	0.287	0.367	0.36	0.882
2008	1.161	2.873	2.041	1.261	0.684	0.472	0.343	0.308	0.263	0.352	2.015	1.972
2009	3.005	3.77	2.595	1.44	0.814	0.535	0.377	0.331	0.274	0.279	0.385	2.375
2010	2.385	4.686	3.311	2.05	1.054	0.656	0.399	0.332	0.389	0.344	0.598	1.605
2011	2.385	4.686	3.311	2.05	1.054	0.656	0.399	0.332	0.389	0.344	0.598	1.605
2012	2.918	5.293	3.972	2.347	1.2	0.693	0.442	0.346	0.34	0.374	0.555	1.75

Precipitaciones de la cuenca Huayllumayo

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	142.24	120.99	116.25	74.06	38.83	1.66	1.07	2.83	28.71	31.3	73.47	94.5	725.91
1965	144.8	168.47	118.26	61.44	2.82	0.59	1.14	0.12	13.41	27.41	35.96	134.09	708.51
1966	137.88	208.06	173.38	50.65	50.71	0.44	0.71	1.76	5.55	51.31	54.91	85.93	821.28
1967	154.73	174.23	145.2	72	23.61	1.2	2.67	2.56	23.44	46.57	34.33	135.58	816.11
1968	223.38	193.79	181.74	24.59	8.05	1.99	1.19	4.76	6.59	44.09	87.83	67.9	845.91
1969	204.12	184.21	149.64	58.33	5.84	4.01	1.33	1.05	13.29	43.04	96.68	71.26	832.8
1970	165.68	196.12	106.61	31.19	34.97	0.96	1.94	0.7	14.17	32.3	32.64	148.23	765.51
1971	137.87	202.69	147.23	72.96	6.62	0.63	1.13	0.47	2.28	35.16	42.42	135.81	785.29
1972	259.41	149.52	130.61	85.72	3.31	0.86	1.69	3.88	18.52	34.82	63.19	115.23	866.77
1973	205.44	185.61	161.63	87.06	4.51	1.3	1.79	2.3	12.36	31.77	69.11	123.9	886.79
1974	224.75	221.04	67.8	79.11	8.79	6.12	1.55	41.79	8.95	26.61	40.25	80.3	807.07
1975	169.73	201.04	168.58	69.55	118.84	2.87	0.45	0.97	8.7	54.14	25.3	167.1	987.27
1976	184.32	211.22	173.88	62.91	16.85	9.48	1.31	3.58	38.88	16.69	17.12	53.56	789.82
1977	102.57	236.79	179.91	28.67	3	0.85	0.27	0.44	9.97	23.84	132.02	108.52	826.86
1978	267.76	147.9	59.87	86.53	3.46	0.63	0.19	0.11	6.62	56.87	88.18	124.12	842.25
1979	152.87	65.62	136.2	64.4	3.62	1.04	1.65	3.67	2.26	61.72	79.62	134.37	707.03
1980	124.16	92.19	156.87	14.87	3.78	1.89	0.89	6.25	33.09	65.08	36.69	100.62	636.38
1981	218.1	220.03	140.87	86.49	7.37	0.99	0.66	28.3	7.49	33.37	57.62	143.33	944.62
1982	171.74	90.84	90.22	80.05	3.73	2.42	0.55	0.76	78.94	72.56	151.31	81.49	824.61
1983	118.93	186.28	172.73	87.65	10.44	1.43	0.78	0.42	46.31	24.72	12.28	136.06	798.04
1984	191.87	249.18	187.09	24.87	13.49	1.62	1.12	28.14	0.79	75.85	115.43	141.36	1030.8
1985	81.83	163.5	113.31	93.63	3.95	32.59	0.56	0.44	11.26	13.85	76.96	105.19	697.08
1986	137.11	192.42	164.53	83.64	6.34	0.08	1.84	30.55	11.11	38.73	15.09	116.57	798.02
1987	289.48	45.22	56.32	50.46	24.53	34.42	44.03	28.12	32.16	47.57	61.87	100.97	815.16
1988	288.61	185.44	151.42	65.21	10.01	1.41	1.04	0.07	5.92	23.24	18.47	126.05	876.88
1989	155.76	153.72	171.82	78.9	4.31	1.19	0.38	4.54	0.98	26.44	33.18	88.51	719.72
1990	216.51	106	117.23	78.27	8.36	13.58	0.48	4.24	2.13	86.44	77.13	139.29	849.65
1991	122.69	121.5	26.38	37.68	16.67	44.08	0.09	0.76	49.56	26.43	45.4	76.92	568.15
1992	151.62	158.61	126.13	53.24	3.66	1.5	0	38.62	0	49.22	68.76	45.84	697.2
1993	260.54	98.59	132.1	109.06	5.41	1.18	0.52	9.17	3.15	82.93	158.66	146.88	1008.19
1994	211.01	223.55	188.56	63.96	23.57	0.34	0	0	21.77	13.54	60.82	96.69	903.81
1995	163.73	147.26	213.83	76.84	4.86	0.09	0.07	4.29	13.45	46.42	39.16	125.76	835.75
1996	162.03	194.3	105.59	102.22	23.64	0.51	0	18.38	12.6	27.54	48.5	100.34	795.65
1997	239.33	214.59	121.77	65.57	5.57	0.48	0.52	27.78	39.96	13.29	83.83	116.4	929.09
1998	210.35	154.05	91.03	15.65	2.18	3.72	0.81	3.21	0.85	44.23	49.79	60.07	635.93
1999	142.5	235.9	165.84	119.86	5.16	1.2	1	0.74	44.87	49.97	42.36	150.28	959.69
2000	166.26	199.77	164.44	39.49	5.97	5.07	0.17	12.35	8.86	77.39	26.27	158.71	864.75
2001	265.63	240.84	247.59	103.62	34.09	1.11	5.93	5.19	5.14	29.18	25.98	74.3	1038.6
2002	114.72	287.63	158.26	70.54	24.44	0.85	15.47	1.02	36.5	52.51	70.44	137.84	970.22
2003	169.1	222.16	195.94	38.94	8.32	1.48	0	4.97	32.27	11.02	69.19	125.26	878.66
2004	206.26	165.63	95.83	51.2	3.4	1.14	9.66	17.39	23.44	23.83	51.14	97.02	745.94
2005	115.29	179.48	123.81	51.25	2.69	0.48	0	4.23	5.93	50.92	38.35	159.1	731.53
2006	286.44	128.85	178.37	47.56	2.04	5.13	0.17	8.55	17.6	54.38	62.47	116.04	907.59
2007	131.94	133.58	113.45	60.45	6.43	0.54	3.28	0	15.17	35.21	41.92	111.37	653.35
2008	196.94	112.92	75.63	8.71	4.85	5.55	0.39	0.06	1.09	38.79	23.6	101.01	569.53
2009	101.02	165.99	108.78	57.1	7.99	1.3	2.26	0.31	1.26	39.64	153.95	120.85	760.46
2010	167.45	165.25	120.74	36.12	16.34	1.19	0.28	1.23	1.71	16.73	35.8	170.82	733.67
2011	133.17	244.18	137.77	80.72	12.05	0.9	0.46	10.41	33.15	16.51	71.39	134.41	875.12
2012	169.68	255.82	187.96	78.09	12.82	0.01	0.09	0.44	15.45	29.14	67.71	141.62	958.83
PROM	178.76	175.56	139.16	63.69	13.52	4.17	2.32	7.59	16.89	39.88	60.5	114.84	816.89

Tarifa por tipo de tecnología Primera subasta RER

Tecnología	Precio monomico (USD/MWH)	Potencia de la central (MW)	Energía Ofertada Anual (GWH)
PRIMERA SUBASTA			
Biomasa	5.2	23	115
Biomasa	11	4.4	28.295
Eólica	6.552	32	148.378
Eólica	8.7	30	119.673
Solar	21.5	20	50.676
Solar	22.25	20	37.63
Solar	22.3	20	37.44
Solar	22.5	20	47.196
Eólica	8.5	80	302.952
Hidroeléctrica	5.5	6.5	33
Hidroeléctrica	5.5	6	29.5
Hidroeléctrica	5.599	3.97	25
Hidroeléctrica	5.6	4.128	28
Hidroeléctrica	5.7	8	42.5
Hidroeléctrica	5.8	7.86	42.5
Hidroeléctrica	5.85	19.2	143
Hidroeléctrica	5.95	10	50
Hidroeléctrica	5.985	3.8	28.12
Hidroeléctrica	5.995	9.6	54.662
Hidroeléctrica	5.997	19.95	131.045
Hidroeléctrica	5.998	19.95	131.045
Hidroeléctrica	5.999	19.95	131.045
Hidroeléctrica	6	1.8	9
Hidroeléctrica	6.4	5	32.922
Hidroeléctrica	7	10	66.5
Hidroeléctrica	7	6	21.5
Biomasa	0.12	1.5	11.7
Hidroeléctrica	0.07	1	7
Hidroeléctrica	6.4	18	85

Tarifa por tipo de tecnología Segunda subasta RER

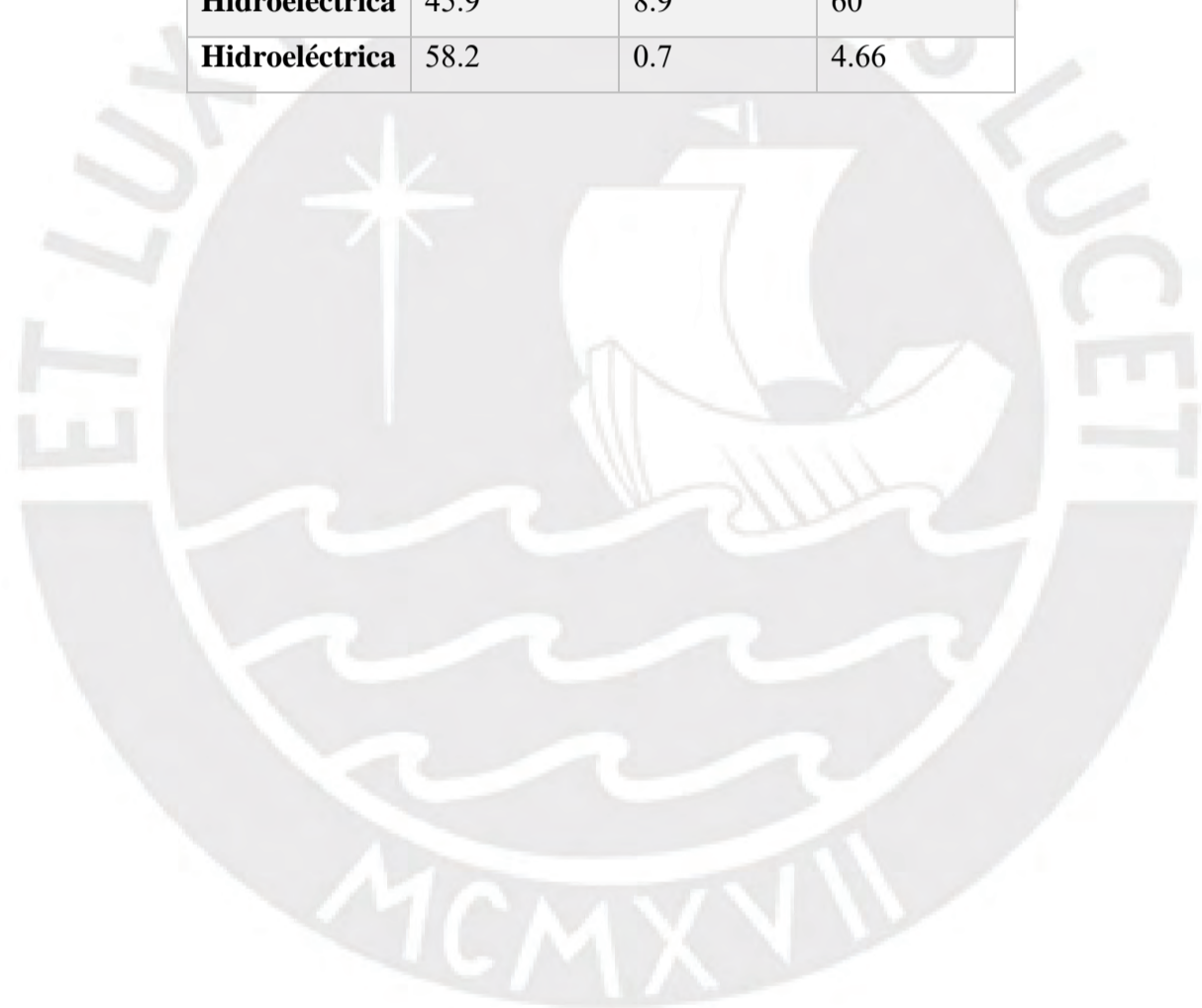
Tecnología	Precio monomico (USD/MWH)	Potencia de la central (MW)	Energía Ofertada Anual (GWH)
SEGUNDA SUBASTA			
Biomasa	99.99	2	14.02
Eólica	69	90	415.76
Solar	119.9	16	43
Hidroeléctrica	47.4	3.73	25.16
Hidroeléctrica	47.6	11.08	72.27
Hidroeléctrica	52	19.78	127.5
Hidroeléctrica	53.89	19.99	150
Hidroeléctrica	53.9	19	140
Hidroeléctrica	55.9	8.4	45
Hidroeléctrica	56.45	20	120

Tarifa por tipo de tecnología Tercera subasta RER

Tecnología	Precio monomico (USD/MWH)	Potencia de la central (MW)	Energía Ofertada Anual (GWH)
TERCERA SUBASTA			
Hidroeléctrica	50.5	16.5	115
Hidroeléctrica	51.77	19.9	134.21
Hidroeléctrica	53.9	10	57.93
Hidroeléctrica	53.9	10	50.81
Hidroeléctrica	54.5	4	20.02
Hidroeléctrica	54.8	15.8	97
Hidroeléctrica	54.9	6.6	35.61
Hidroeléctrica	55.5	8	44.79
Hidroeléctrica	55.59	19	80
Hidroeléctrica	55.7	19	115
Hidroeléctrica	56.89	12.05	70.2
Hidroeléctrica	57.5	13.2	80.94
Hidroeléctrica	57.53	12.01	69.96
Hidroeléctrica	58.89	6.25	36.41
Hidroeléctrica	62	20	130
Hidroeléctrica	64.8	18.7	140

Tarifa por tipo de tecnología Cuarta subasta RER

Tecnología	Precio monomico (USD/MWH)	Potencia de la central (MW)	Energía Ofertada Anual (GWH)
CUARTA SUBASTA			
Biomasa	77	2	14.5
Biomasa	77	2	14.5
Eólica	37.83	126	573
Solar	47.98	144.48	415
Eólica	36.84	18	84.6
Eólica	37.79	18	81
Solar	48.5	40	108.404
Hidroeléctrica	40	20	110
Hidroeléctrica	43.98	20	131.65
Hidroeléctrica	45.4	15.55	72.53
Hidroeléctrica	45.4	14.51	69.32
Hidroeléctrica	45.9	8.9	60
Hidroeléctrica	58.2	0.7	4.66



Caudales acumulados en m3/s y Porcentaje de caudal Excedido Para Curva de Duración acumulado

ITM	CAUDAL	%	48	0.45	10.88%	96	0.09	61.39%
1	0.80	0.00%	49	0.44	11.22%	97	0.08	64.97%
2	0.79	0.17%	50	0.43	11.73%	98	0.07	70.58%
3	0.79	0.17%	51	0.42	12.24%	99	0.06	82.14%
4	0.78	0.17%	52	0.42	12.93%	100	0.05	94.56%
5	0.77	0.34%	53	0.41	13.44%	101	0.05	100.00%
6	0.76	0.34%	54	0.40	14.46%	102	0.04	100.00%
7	0.76	0.34%	55	0.39	14.80%			
8	0.75	0.34%	56	0.39	15.14%			
9	0.74	0.34%	57	0.38	15.48%			
10	0.73	0.68%	58	0.37	15.65%			
11	0.73	0.68%	59	0.36	15.99%			
12	0.72	0.68%	60	0.36	16.33%			
13	0.71	0.85%	61	0.35	16.50%			
14	0.70	0.85%	62	0.34	18.20%			
15	0.70	0.85%	63	0.33	19.05%			
16	0.69	1.02%	64	0.33	19.90%			
17	0.68	1.02%	65	0.32	20.07%			
18	0.67	1.02%	66	0.31	21.94%			
19	0.67	1.19%	67	0.30	22.79%			
20	0.66	1.36%	68	0.30	24.49%			
21	0.65	1.87%	69	0.29	25.51%			
22	0.64	2.04%	70	0.28	26.87%			
23	0.64	2.21%	71	0.27	27.55%			
24	0.63	2.21%	72	0.27	29.08%			
25	0.62	2.21%	73	0.26	29.76%			
26	0.61	2.55%	74	0.25	30.27%			
27	0.61	2.55%	75	0.24	31.29%			
28	0.60	2.72%	76	0.24	31.80%			
29	0.59	3.06%	77	0.23	32.48%			
30	0.58	3.06%	78	0.22	33.33%			
31	0.58	3.23%	79	0.21	33.84%			
32	0.57	3.40%	80	0.21	34.86%			
33	0.56	3.40%	81	0.20	36.05%			
34	0.55	3.91%	82	0.19	36.73%			
35	0.55	4.25%	83	0.18	37.93%			
36	0.54	4.25%	84	0.18	39.63%			
37	0.53	5.27%	85	0.17	40.65%			
38	0.52	5.95%	86	0.16	42.69%			
39	0.52	6.29%	87	0.15	43.37%			
40	0.51	6.63%	88	0.15	44.05%			
41	0.50	6.97%	89	0.14	45.75%			
42	0.49	7.48%	90	0.13	46.94%			
43	0.49	7.99%	91	0.12	47.62%			
44	0.48	8.67%	92	0.12	49.83%			
45	0.47	9.35%	93	0.11	51.87%			
46	0.46	10.03%	94	0.10	55.10%			
47	0.45	10.20%	95	0.09	58.33%			

Caudales por Mes para Curva de Duración en m3/s mensual

Itm	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	0.72	0.81	0.78	0.48	0.30	0.16	0.09	0.07	0.10	0.11	0.35	0.38
2	0.71	0.79	0.77	0.47	0.30	0.16	0.09	0.06	0.10	0.11	0.34	0.37
3	0.70	0.78	0.76	0.47	0.29	0.16	0.09	0.06	0.10	0.11	0.34	0.36
4	0.69	0.77	0.75	0.46	0.29	0.16	0.09	0.06	0.09	0.11	0.33	0.36
5	0.68	0.76	0.73	0.45	0.28	0.15	0.09	0.06	0.09	0.11	0.32	0.35
6	0.66	0.75	0.72	0.45	0.28	0.15	0.09	0.06	0.09	0.10	0.32	0.35
7	0.65	0.74	0.71	0.44	0.27	0.15	0.09	0.06	0.09	0.10	0.31	0.34
8	0.64	0.73	0.70	0.43	0.27	0.15	0.09	0.06	0.09	0.10	0.31	0.33
9	0.63	0.72	0.68	0.42	0.27	0.15	0.09	0.06	0.09	0.10	0.30	0.33
10	0.62	0.70	0.67	0.42	0.26	0.14	0.08	0.06	0.09	0.10	0.29	0.32
11	0.61	0.69	0.66	0.41	0.26	0.14	0.08	0.06	0.09	0.10	0.29	0.32
12	0.60	0.68	0.65	0.40	0.25	0.14	0.08	0.06	0.09	0.10	0.28	0.31
13	0.58	0.67	0.64	0.39	0.25	0.14	0.08	0.06	0.08	0.09	0.28	0.30
14	0.57	0.66	0.62	0.39	0.24	0.14	0.08	0.06	0.08	0.09	0.27	0.30
15	0.56	0.65	0.61	0.38	0.24	0.13	0.08	0.06	0.08	0.09	0.27	0.29
16	0.55	0.64	0.60	0.37	0.23	0.13	0.08	0.06	0.08	0.09	0.26	0.28
17	0.54	0.62	0.59	0.36	0.23	0.13	0.08	0.06	0.08	0.09	0.25	0.28
18	0.53	0.61	0.57	0.36	0.23	0.13	0.08	0.06	0.08	0.09	0.25	0.27
19	0.52	0.60	0.56	0.35	0.22	0.13	0.08	0.06	0.08	0.09	0.24	0.27
20	0.50	0.59	0.55	0.34	0.22	0.12	0.08	0.06	0.08	0.09	0.24	0.26
21	0.49	0.58	0.54	0.34	0.21	0.12	0.07	0.06	0.07	0.08	0.23	0.25
22	0.48	0.57	0.52	0.33	0.21	0.12	0.07	0.06	0.07	0.08	0.22	0.25
23	0.47	0.56	0.51	0.32	0.20	0.12	0.07	0.05	0.07	0.08	0.22	0.24
24	0.46	0.55	0.50	0.31	0.20	0.12	0.07	0.05	0.07	0.08	0.21	0.24
25	0.45	0.53	0.49	0.31	0.20	0.11	0.07	0.05	0.07	0.08	0.21	0.23
26	0.43	0.52	0.48	0.30	0.19	0.11	0.07	0.05	0.07	0.08	0.20	0.22
27	0.42	0.51	0.46	0.29	0.19	0.11	0.07	0.05	0.07	0.08	0.20	0.22
28	0.41	0.50	0.45	0.28	0.18	0.11	0.07	0.05	0.07	0.07	0.19	0.21
29	0.40	0.49	0.44	0.28	0.18	0.11	0.07	0.05	0.07	0.07	0.18	0.20
30	0.39	0.48	0.43	0.27	0.17	0.10	0.07	0.05	0.06	0.07	0.18	0.20
31	0.38	0.47	0.41	0.26	0.17	0.10	0.07	0.05	0.06	0.07	0.17	0.19
32	0.37	0.45	0.40	0.25	0.16	0.10	0.07	0.05	0.06	0.07	0.17	0.19
33	0.35	0.44	0.39	0.25	0.16	0.10	0.06	0.05	0.06	0.07	0.16	0.18
34	0.34	0.43	0.38	0.24	0.16	0.10	0.06	0.05	0.06	0.07	0.16	0.17
35	0.33	0.42	0.36	0.23	0.15	0.09	0.06	0.05	0.06	0.07	0.15	0.17
36	0.32	0.41	0.35	0.22	0.15	0.09	0.06	0.05	0.06	0.06	0.14	0.16
37	0.31	0.40	0.34	0.22	0.14	0.09	0.06	0.05	0.06	0.06	0.14	0.16
38	0.30	0.39	0.33	0.21	0.14	0.09	0.06	0.05	0.06	0.06	0.13	0.15
39	0.29	0.38	0.32	0.20	0.13	0.09	0.06	0.05	0.05	0.06	0.13	0.14
40	0.27	0.36	0.30	0.20	0.13	0.08	0.06	0.05	0.05	0.06	0.12	0.14
41	0.26	0.35	0.29	0.19	0.12	0.08	0.06	0.05	0.05	0.06	0.11	0.13
42	0.25	0.34	0.28	0.18	0.12	0.08	0.06	0.05	0.05	0.06	0.11	0.13

Porcentaje de caudal Excedido Para Curva de Duración mensual

Itm	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%
3	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%
4	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	4.08%	2.04%	2.04%
5	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	4.08%	4.08%	2.04%
6	4.08%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	4.08%	4.08%	2.04%
7	8.16%	6.12%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	4.08%	4.08%	4.08%
8	8.16%	6.12%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	4.08%	6.12%	4.08%
9	8.16%	6.12%	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	4.08%	2.04%	2.04%	6.12%	6.12%	6.12%
10	8.16%	6.12%	2.04%	2.04%	4.08%	2.04%	4.08%	2.04%	2.04%	6.12%	6.12%	6.12%
11	8.16%	8.16%	2.04%	2.04%	4.08%	2.04%	4.08%	2.04%	2.04%	6.12%	6.12%	6.12%
12	10.20%	8.16%	2.04%	4.08%	4.08%	4.08%	4.08%	8.16%	2.04%	6.12%	6.12%	6.12%
13	10.20%	8.16%	2.04%	4.08%	4.08%	4.08%	4.08%	8.16%	2.04%	6.12%	6.12%	8.16%
14	10.20%	14.29%	2.04%	4.08%	4.08%	4.08%	4.08%	10.20%	2.04%	8.16%	6.12%	10.20%
15	10.20%	14.29%	2.04%	4.08%	4.08%	4.08%	4.08%	10.20%	2.04%	8.16%	6.12%	12.24%
16	10.20%	16.33%	2.04%	4.08%	4.08%	4.08%	4.08%	16.33%	2.04%	8.16%	6.12%	14.29%
17	10.20%	16.33%	2.04%	4.08%	4.08%	4.08%	6.12%	16.33%	2.04%	10.20%	6.12%	14.29%
18	12.24%	20.41%	4.08%	4.08%	4.08%	4.08%	6.12%	16.33%	2.04%	10.20%	6.12%	16.33%
19	12.24%	22.45%	6.12%	4.08%	4.08%	6.12%	6.12%	20.41%	2.04%	10.20%	6.12%	18.37%
20	12.24%	24.49%	8.16%	4.08%	6.12%	6.12%	6.12%	22.45%	2.04%	10.20%	6.12%	20.41%
21	14.29%	26.53%	10.20%	4.08%	6.12%	6.12%	6.12%	26.53%	2.04%	10.20%	8.16%	24.49%
22	16.33%	26.53%	18.37%	8.16%	6.12%	6.12%	8.16%	26.53%	2.04%	10.20%	8.16%	24.49%
23	20.41%	30.61%	22.45%	8.16%	6.12%	6.12%	10.20%	26.53%	2.04%	10.20%	8.16%	28.57%
24	20.41%	32.65%	24.49%	14.29%	6.12%	6.12%	10.20%	26.53%	2.04%	12.24%	8.16%	28.57%
25	20.41%	38.78%	28.57%	16.33%	6.12%	6.12%	10.20%	26.53%	2.04%	12.24%	8.16%	32.65%
26	20.41%	42.86%	30.61%	22.45%	6.12%	6.12%	10.20%	32.65%	2.04%	12.24%	10.20%	36.73%
27	24.49%	44.90%	38.78%	30.61%	8.16%	8.16%	10.20%	38.78%	4.08%	12.24%	10.20%	40.82%
28	34.69%	48.98%	44.90%	38.78%	12.24%	10.20%	12.24%	42.86%	4.08%	14.29%	10.20%	42.86%
29	38.78%	53.06%	48.98%	42.86%	12.24%	14.29%	14.29%	44.90%	6.12%	14.29%	10.20%	46.94%
30	42.86%	57.14%	53.06%	46.94%	18.37%	16.33%	16.33%	46.94%	8.16%	14.29%	10.20%	51.02%
31	42.86%	61.22%	55.10%	51.02%	26.53%	18.37%	18.37%	53.06%	8.16%	16.33%	10.20%	51.02%
32	44.90%	61.22%	57.14%	51.02%	26.53%	30.61%	20.41%	57.14%	8.16%	20.41%	10.20%	55.10%
33	48.98%	67.35%	57.14%	53.06%	40.82%	34.69%	26.53%	59.18%	14.29%	22.45%	10.20%	57.14%
34	61.22%	69.39%	57.14%	59.18%	44.90%	44.90%	28.57%	63.27%	14.29%	22.45%	10.20%	59.18%
35	65.31%	73.47%	59.18%	63.27%	51.02%	46.94%	32.65%	63.27%	20.41%	26.53%	10.20%	59.18%
36	67.35%	75.51%	61.22%	63.27%	53.06%	53.06%	36.73%	65.31%	26.53%	34.69%	10.20%	61.22%
37	69.39%	77.55%	67.35%	65.31%	55.10%	53.06%	44.90%	67.35%	30.61%	36.73%	12.24%	65.31%
38	73.47%	79.59%	67.35%	69.39%	61.22%	57.14%	51.02%	69.39%	30.61%	36.73%	12.24%	65.31%
39	77.55%	81.63%	75.51%	73.47%	63.27%	59.18%	55.10%	75.51%	38.78%	42.86%	14.29%	67.35%
40	81.63%	81.63%	79.59%	77.55%	65.31%	65.31%	57.14%	79.59%	38.78%	46.94%	16.33%	73.47%
41	85.71%	81.63%	85.71%	81.63%	71.43%	73.47%	63.27%	79.59%	51.02%	57.14%	18.37%	77.55%
42	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Cálculo del diámetro de tubería Forzada económicamente óptimo

CÁLCULO DEL COSTO DE LA TUBERÍA

DIAM. (M)	0.20	0.23	0.25	0.28	0.30	0.33	0.35	0.38	0.40
P (TON/M2)	500	500	500	500	500	500	500	500	500
P (TON/M2)	600	600	600	600	600	600	600	600	600
(G.A.)									
T (M) =	0.0110	0.0116	0.0123	0.0129	0.0135	0.0141	0.0148	0.0154	0.0160
T (CM) =	1.10	1.16	1.23	1.29	1.35	1.41	1.48	1.54	1.60
T (COMERC) =	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2	2
T (M) =	0.0110	0.0116	0.0123	0.0129	0.0135	0.0141	0.0148	0.0154	0.0160
VOL (M3) =	8.29	9.86	11.55	13.35	15.27	17.31	19.46	21.74	24.13
PESO (TON) =	64.69	76.91	90.05	104.11	119.09	134.99	151.80	169.54	188.19
COSTO USD =	582225	692219	810484	937018	1071823	1214899	1366244	1525860	1693746

CÁLCULO DEL COSTO DE LA ENERGÍA PERDIDA

A (M2) =	0.031	0.040	0.049	0.059	0.071	0.083	0.096	0.110	0.126
R (M) =	0.050	0.056	0.063	0.069	0.075	0.081	0.088	0.094	0.100
V (M/S) =	5.093	4.024	3.259	2.694	2.264	1.929	1.663	1.449	1.273
SF =	0.1704	0.0909	0.0518	0.0312	0.0196	0.0128	0.0086	0.0060	0.0042
HF =	204.46	109.09	62.20	37.41	23.52	15.35	10.34	7.15	5.07
PPERD (KW) =	268.3	143.1	81.6	49.1	30.9	20.1	13.6	9.4	6.7
EPERD ANUAL (KWH) =	2349911	1253828	714822	429969	270332	176401	118809	82233	58285
\$ EPERD ANUAL =	140995	75230	42889	25798	16220	10584	7129	4934	3497
(1+I)^N =	29.960	29.960	29.960	29.960	29.960	29.960	29.960	29.960	29.960
P/A =	8.055	8.055	8.055	8.055	8.055	8.055	8.055	8.055	8.055
VP EPERD =	1135738	605989	345481	207809	130655	85256	57422	39744	28170

CÁLCULO DEL COSTO TOTAL

\$ TUB + \$ EPERD	1717963	1298208	1155965	1144827	1202478	1300155	1423666	1565604	1721916
--------------------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

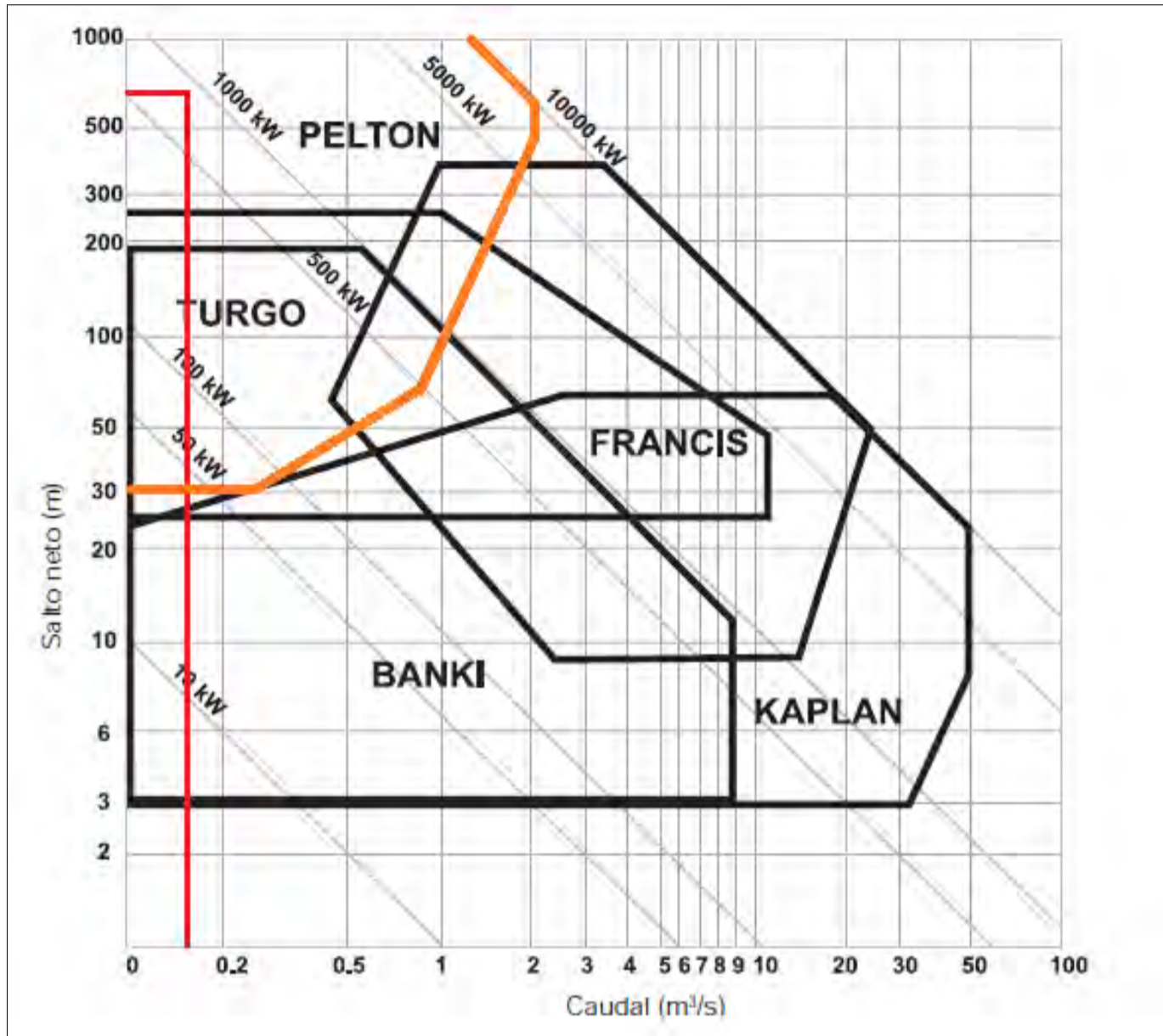
Lista detallada de Anclajes cálculo inicial

Cota inferior	Cota Superior	Alfa (°)	Beta (°)	Lu	A	B	C	D	E	F	X	TIPO
2700	2750											
1u	1d	40	0	35	0.8	1.6	1.1	0.5	0.3	0.2	0.3	B
2u	2d	43.37	40	25	0.8	1.6	1.1	0.5	0.3	1.3	0.3	A
3u	3d	43.37	43.37	11	0.8	1.6	1.1	0.5	0.3	1.4	0.3	A
4u	4d											
2750	2800											
1u	1d	34.43	43.37	20	1.6	2.4	1.9	0.5	1.0	1.5	1.0	E
2u	2d	45	34.43	50	0.8	1.6	1.1	0.5	0.3	1.1	0.3	A
3u	3d											
4u	4d											
2800	2850											
1u	1d	14.92	45	37	3.6	4.4	3.8	0.5	3.0	1.6	3.0	D
2u	2d	22.48	14.92	22	0.4	1.7	1.2	0.5	0.4	0.5	0.4	B
3u	3d	24.6	22.48	22	0.3	1.6	1.1	0.5	0.3	0.6	0.3	B
4u	4d	24.6	24.6	44	0.4	1.7	1.1	0.5	0.3	0.7	0.3	B
2850	2900											
1u	1d	32	24.6	35	0.8	1.6	1.1	0.5	0.3	0.8	0.3	B
2u	2d	27	32	30	1.7	2.5	2.0	0.5	1.1	1.1	1.1	E
3u	3d	26.88	27	30	0.8	1.6	1.1	0.5	0.3	0.7	0.3	B
4u	4d											
2900	2950											
1u	1d	20.93	26.88	42	2.3	3.1	2.5	0.5	1.7	0.9	1.7	C
2u	2d	20.93	20.93	42	0.4	1.7	1.1	0.5	0.3	0.6	0.3	B
3u	3d	22.58	20.93	42	0.3	1.6	1.1	0.5	0.3	0.5	0.3	B
4u	4d											
2950	3000											
1u	1d	27.23	22.58	50	0.8	1.6	1.1	0.5	0.3	0.6	0.3	B
2u	2d	28.1	27.23	50	1.7	2.5	1.9	0.5	1.1	0.8	1.1	E
3u	3d											
4u	4d											
3000	3050											
1u	1d	27.54	28.1	50	1.9	2.7	2.1	0.5	1.3	0.8	1.3	E
2u	2d	29.22	29.22	50	1.7	2.5	2.0	0.5	1.1	0.8	1.1	E
3u	3d											
4u	4d											
3050	3100											
1u	1d	30.73	29.22	45	0.8	1.6	1.1	0.5	0.3	0.8	0.3	B
2u	2d	30.93	30.73	45	0.9	1.7	1.2	0.5	0.3	1.0	0.3	A
3u	3d											
4u	4d											
3100	3150											
1u	1d	33.33	32	42	0.8	1.6	1.1	0.5	0.3	1.0	0.3	A
2u	2d	33.33	33.33	42	0.8	1.6	1.1	0.5	0.3	1.0	0.3	A
3u	3d											
4u	4d											
3150	3200											
1u	1d	37.04	33.33	40	0.8	1.6	1.1	0.5	0.3	1.0	0.3	A
2u	2d	37.04	37.04	40	0.8	1.6	1.1	0.5	0.3	1.2	0.3	A
3u	3d											
4u	4d											
3200	3250											
1u	1d	14	37.04	45	3.4	4.2	3.7	0.5	2.8	1.2	2.8	D
2u	2d	14	14	45	0.5	1.8	1.3	0.5	0.4	0.4	0.4	B
3u	3d	15.41	14	45	0.4	1.6	1.1	0.5	0.3	0.4	0.3	B
4u	4d	15.41	15.41	45	0.5	1.8	1.2	0.5	0.4	0.4	0.4	B
3250	3300											
1u	1d	0	15.41		1.7	3.0	2.5	0.5	1.7	0.5	1.7	E

Lista detallada de Apoyos cálculo inicial

Cota inferior	Cota Superior	Alfa (°)	Beta (°)	Lu	A	B	H	a	b	h	Tipo
2700	2750										
1u	1d	40	0	35	0.9	0.8	0.9	0.6	0.6	0.6	C
2u	2d	43.37	40	25	0.9	0.8	0.9	0.6	0.6	0.6	C
3u	3d	43.37	43.37	11	0.9	0.8	0.9	0.6	0.6	0.6	C
4u	4d										
2750	2800										
1u	1d	34.43	43.37	20	0.8	0.8	0.8	0.5	0.5	0.5	C
2u	2d	45	34.43	50	0.9	0.9	0.9	0.6	0.6	0.6	C
3u	3d										
4u	4d										
2800	2850										
1u	1d	14.92	45	37	0.6	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	A
2u	2d	22.48	14.92	22	0.7	0.7	0.7	0.4	0.4	0.4	B
3u	3d	24.6	22.48	22	0.7	0.7	0.7	0.4	0.4	0.4	B
4u	4d	24.6	24.6	44	0.7	0.7	0.7	0.4	0.4	0.4	B
2850	2900										
1u	1d	32	24.6	35	0.8	0.8	0.8	0.5	0.5	0.5	C
2u	2d	27	32	30	0.8	0.7	0.8	0.5	0.5	0.5	B
3u	3d	26.88	27	30	0.8	0.7	0.8	0.5	0.5	0.5	B
4u	4d										
2900	2950										
1u	1d	20.93	26.88	42	0.7	0.6	0.7	0.4	0.4	0.4	B
2u	2d	20.93	20.93	42	0.7	0.6	0.7	0.4	0.4	0.4	B
3u	3d	22.58	20.93	42	0.7	0.7	0.7	0.4	0.4	0.4	B
4u	4d										
2950	3000										
1u	1d	27.23	22.58	50	0.8	0.7	0.8	0.5	0.5	0.5	B
2u	2d	28.1	27.23	50	0.8	0.7	0.8	0.5	0.5	0.5	C
3u	3d										
4u	4d										
3000	3050										
1u	1d	27.54	28.1	50	0.8	0.7	0.8	0.5	0.5	0.5	B
2u	2d	29.22	29.22	50	0.8	0.7	0.8	0.5	0.5	0.5	C
3u	3d										
4u	4d										
3050	3100										
1u	1d	30.73	29.22	45	0.8	0.7	0.8	0.5	0.5	0.5	C
2u	2d	30.93	30.73	45	0.8	0.7	0.8	0.5	0.5	0.5	C
3u	3d										
4u	4d										
3100	3150										
1u	1d	33.33	32	42	0.8	0.8	0.8	0.5	0.5	0.5	C
2u	2d	33.33	33.33	42	0.8	0.8	0.8	0.5	0.5	0.5	C
3u	3d										
4u	4d										
3150	3200										
1u	1d	37.04	33.33	40	0.9	0.8	0.9	0.6	0.6	0.6	C
2u	2d	37.04	37.04	40	0.9	0.9	0.9	0.6	0.6	0.6	C
3u	3d										
4u	4d										
3200	3250										
1u	1d	14	37.04	45	0.6	0.5	0.6	0.3	0.3	0.3	A
2u	2d	14	14	45	0.6	0.5	0.6	0.3	0.3	0.3	A
3u	3d	15.41	14	45	0.6	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	A
4u	4d	15.41	15.41	45	0.6	0.6	0.6	0.4	0.3	0.3	A

Elección de turbina hidráulica (adaptación de Dávila, C.; Vilar, D.; Villanueva, G.; Quiroz, 2010)



Elección de área de casa de máquinas (adaptación de Nozaki, 1980)

