UNIVERSIDAD DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL PIRHUA

MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE C.H. CHANCAY & C.H. RUCUY

Edwin Antón-Purizaca

Piura, marzo de 2018

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Mecánico-Eléctrica

Antón, E. (2018). *Montaje y puesta en marcha de C.H. Chancay & C.H. Rucuy* (Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título de Ingeniero Mecánico-Eléctrico). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Mecánico-Eléctrica. Piura, Perú.

Esta obra está bajo una licencia
Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

U N I V E R S I D A D DE P I U R A

FACULTAD DE INGENIERÍA

“Montaje y puesta en marcha de C.H. Chancay & C.H. Rucuy”

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título de Ingeniero Mecánico – Eléctrico.

Edwin Raúl Antón Purizaca

Revisor: Ing. Justo Oquelis C.

Piura, marzo de 2018

Dedicatoria

A Dios y a mis padres por acompañarme siempre en mi camino de éxito profesional y al excelente grupo de trabajo de Coordinadora Proyecto Chancay por su constante apoyo.

Índice General

Introducción 1
Capítulo 1 3
Antecedentes 3
1.1 Sindicato Energético S.A. 3
1.1.1 Datos generales. 3
1.1.2 Misión, visión y objetivos. 3
1.1.3 Servicios. 4
1.1.4 Contexto socioeconómico. 4
1.2 Descripción de actividades profesionales 4
1.2.1 Descripción del puesto de trabajo. 4
1.2.2 Metas y responsabilidades del puesto. 4
1.2.3 Actividades profesionales desarrolladas. 5
1.2.4 Resultados pretendidos y alcanzados. 5
Capítulo 2 7
Fundamentación del tema 7
2.1 Generalidades del proyecto 7
2.1.1 Descripción del proyecto. 7
2.1.2 Ubicación del proyecto. 10
2.1.3 Antecedentes del proyecto. 10
2.1.4 Objetivo del proyecto. 11
2.2 Justificación y vinculación con la profesión. 11
Capítulo 3 13
Desarrollo ejecutivo del proyecto 13
3.1 Montaje electromecánico de servicios comunes. 14
3.1.1 Bocatoma. 14
3.1.2 Desarenador. 16
3.1.3 Reservorio. 17
3.1.4 Cámara de carga. 17
3.1.5 Túneles, ductos y bifurcaciones. 19
3.1.6 Sala de control común. 21
3.1.7 Tableros de control 22
3.1.8 Aportes y experiencias adquiridas. 23
3.2 Montaje de patio de llaves – Línea de transmisión. 24

3.2.1 Montaje de patio de llaves. 24
3.2.2 Montaje de transformador principal 45 MVA. 27
3.2.3 Montaje de LT 6947 – 60 KV. 28
3.2.4 Conexiones de fibra óptica. 29
3.2.5 Aportes y experiencias adquiridas. 31
3.3 Montaje de casas de máquinas. 32
3.3.1 Montaje electromecánico de CH. Chancay. 32
3.3.1.1 Montaje de turbinas Pelton. 32
3.3.1.2 Montaje de generadores. 38
3.3.1.3 Montaje de sistemas auxiliares. 41
3.3.1.4 Montaje de tableros de alimentación y control. 43
3.3.1.5 Instalación de sistemas de comunicación. 53
3.3.1.6 Aportes y experiencias adquiridas. 54
3.3.2 Diferencias entre CH. Chancay y CH. Rucuy. 56
3.4 Pruebas y Puesta en marcha de las CH. Chancay y CH. Rucuy 57
3.4.1 Protocolo de comisionamiento. 57
3.4.2 Pruebas de operación experimental. 58
3.4.3 Ajustes en equipos y sistema Scada. 59
3.4.4 Ingreso a operación Comercial. 60
3.4.5 Aportes y experiencias adquiridas. 62
Conclusiones. 63
Recomendaciones. 65
Referencias Bibliográficas. 67
Anexos 69

Introducción

El presente trabajo de suficiencia profesional que tiene como objetivo dar a conocer los trabajos desarrollados a lo largo del montaje y puesta en marcha de las centrales hidroeléctricas CH Chancay y CH Rucuy, cuyas partes son:

Servicios comunes, se utilizan para ambas centrales hidroeléctricas, las estaciones se encuentran a lo largo del ducto desde la captación de agua hasta la tubería forzada, antes de la llegada a las casas de máquinas de CH Chancay – CH Rucuy (Central hidroeléctrica Chancay y Central hidroeléctrica Rucuy), entre las estaciones tenemos: Bocatoma, desarenador, reservorio, cámara de carga, túneles y ductos. Además, dentro de casas de máquinas se tiene: el centro de control común y tableros de comunicación. Posterior a ello, se tiene el patio de llaves, en donde se eleva la tensión de salida de las unidades de generación para su posterior transmisión, para lograr esto se realiza el montaje del transformador principal y otros equipos complementarios.

Casa de máquinas Chancay y Rucuy, lugar donde se tiene concentrado la mayoría de equipamiento electromecánico, que sirve para transformar la energía hidráulica del Río Chancay a energía eléctrica que se entrega en SET Zapallal – Lima. Entre el principal equipamiento se tiene turbinas Pelton, generadores Weg, sistemas auxiliares, tableros de alimentación eléctrica y control, sistemas de comunicación entre otros.

Finalmente se considera las pruebas para puesta en marcha de las centrales hidroeléctricas CH Chancay y CH Rucuy para su posterior ingreso a periodo comercial. Se realizan pruebas electromecánicas en las unidades de generación, análisis de eficiencias, relación caudal/potencia, finalmente ajustes del equipamiento y programación para su ingreso a etapa comercial.

Capítulo 1

Antecedentes

1.1 Sindicato Energético S.A.

1.1.1 Datos generales.

- RUC: 20256391202.
- Razón social: SINDICATO ENERGETICO S.A.
- Dirección: Av. El Ejercito 250 oficina 403, Urbanización Santa Cruz, Miraflores, Lima, Perú.
- Página web: http://www.sinersaperu.com.
- Nombre comercial: Sinersa.
- Tipo empresa: Sociedad anónima.
- Condición: Activo.
- Fecha inicio actividades: 14 / Septiembre / 1994.
- Actividad comercial: Generación y distribución de energía eléctrica.

1.1.2 Misión, visión y objetivos.

a) Misión

"Busca promover y ejecutar el desarrollo de manera eficiente los recursos energéticos renovables del país, para bienestar de las comunidades de las zonas aledañas a los proyectos de la empresa y del país en general".

b) Visión

"Llegar a ser una empresa líder en promover el desarrollo social, medioambiental y energético en el país, mediante ejecución y operación de proyectos de generación de energía hidroeléctrica".

c) Objetivo:

Suministrar energía eléctrica al sistema interconectado nacional de buena calidad, cumpliendo con los estándares establecidos por las entidades reguladoras nacionales.

1.1.3 Servicios.

Brinda servicios de generación y distribución de energía eléctrica con sus cuatro centrales hidroeléctricas que tiene hasta el momento: Poechos 1, Poechos 2, Curumuy y Chancay.

1.1.4 Contexto socioeconómico.

Sindicato energético S.A, es una empresa que se dedica a la generación y transmisión de energía eléctrica, sus recursos económicos se han incrementado en los últimos años, debido a los proyectos culminados exitosamente, ocasionando un impacto positivo con las comunidades cercanas a sus plantas de generación y al país, por brindar suministro de energía de calidad.

1.2 Descripción de actividades profesionales

1.2.1 Descripción del puesto de trabajo.

El cargo de supervisor de montaje electromecánico, tiene bastante importancia en las buenas prácticas de trabajo responsable del proyecto; para cumplirlas, se tiene un listado de tareas que se realizaron durante el periodo de montaje de las centrales hidroeléctricas. Estas tareas fueron parte del logro común que se tenía para poder poner en marcha las centrales hidroeléctricas.

1.2.2 Metas y responsabilidades del puesto.

Lograr un montaje seguro, eficiente y en los tiempos establecidos, utilizando de manera óptima los recursos materiales y humanos.

Las responsabilidades del puesto, son las siguientes:

- Desarrollo de un trabajo seguro, teniendo en cuenta la documentación de gestión de seguridad.
- Eficiencia en las labores diarias, cumpliendo con los objetivos a corto y largo plazo.
- Organización de personal y actividades de acuerdo a las prioridades.

1.2.3 Actividades profesionales desarrolladas.

Las actividades desarrolladas, son las siguientes:

- Programación de los trabajos diarios de montaje electromecánico de las centrales hidroeléctricas CH Chancay y Ch Rucuy.
- Supervisión de montaje de compuertas y sistemas hidráulicos de los diferentes ambientes (Bocatoma, desarenador, reservorio, cámara de carga).
- Instalación de los tableros de control de las casetas ubicadas en bocatoma, desarenador, reservorio y cámara de carga.
- Supervisión de montaje de compuertas a lo largo del ducto.
- Supervisión de montaje de tubería forzada (tramo cámara de carga – Casa de máquinas).
- Supervisión de montaje de línea de transmisión LT 6947 de 60 KV.
- Supervisión en pruebas de comisionamiento y puesta en marcha.

1.2.4 Resultados pretendidos y alcanzados.

- Complementar y concretar los conocimientos adquiridos en la etapa de pregrado, llevando a la práctica los conceptos básicos aprendidos.
- Dominio de lectura de planos y ejecución de acuerdo a los sustentos técnicos planteados.
- Aprendizaje de criterios de supervisión, para la mejora en ejecución de proyectos.
- Conocimiento de normas técnicas vigentes que nos ayudan a discernir sobre decisiones de ingeniería tomadas en la ejecución de proyectos.
- Manejo de herramientas tecnológicas e informáticas para facilitar gestión de datos e implementación de medidas de control.

Capítulo 2

Fundamentación del tema

2.1 Generalidades del proyecto

2.1.1 Descripción del proyecto.

Proyecto Rio Chancay, consiste en construcción de dos Centrales Hidroeléctricas (CH Chancay y CH Rucuy), en donde se tienen instalaciones comunes (para ambas centrales) e instalaciones de cada central hidroeléctrica.

El proyecto busca utilizar la energía renovable (energía hidráulica) y convertirla en energía eléctrica para el uso de la industria y de la población en general.

En cada una de las centrales hidroeléctricas se tienen dos unidades de generación, que consta de dos turbinas Pelton horizontales directamente acopladas con un generador síncrono de 13.8KV. Los servicios comunes tienen entre sus principales instalaciones (Bocatoma, Desarenador, Reservorio Rapacán y Cámara de Carga) canales de entrada y tubería forzada.

En bocatoma hay 2 compuertas de regulación (principal y back-up), ambas compuertas son operadas por una unidad hidráulica.

En desarenador hay 2 grupos de compuertas, cada grupo tiene 5 compuertas operadas por unidades hidráulicas. El primer grupo está en la entrada del desarenador, el segundo grupo está a la salida del desarenador.

En Reservorio hay 2 grupos de compuertas, cada grupo tiene 2 compuertas (principal y back-up) operadas por unidades hidráulicas.

En Cámara de carga hay una válvula mariposa con una válvula bypass, la válvula mariposa es operada por una unidad hidráulica, y la válvula bypass por accionamiento eléctrico.

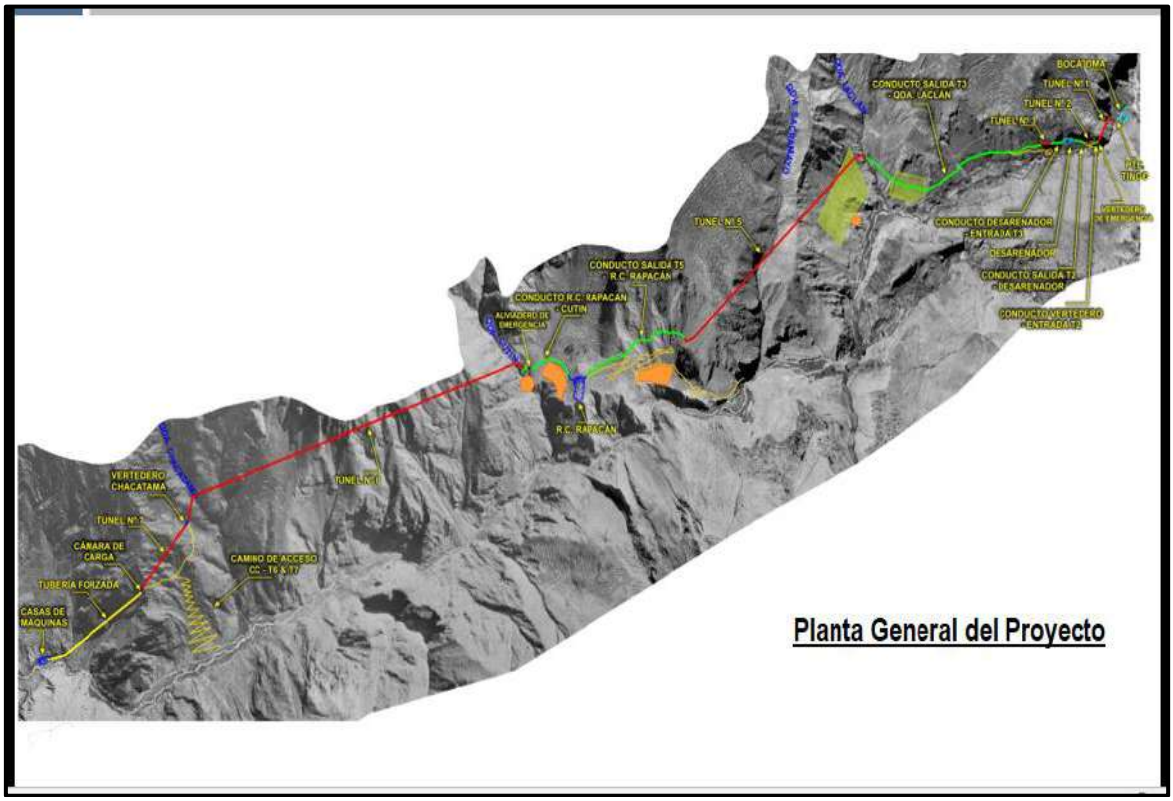

Ilustración 1. Centrales hidroeléctricas Chancay y Rucuy.

Fuente: Panel fotográfico – Proyecto Chancay.

Las características principales de la Central Hidroeléctrica Chancay son las siguientes:

Potencia Instalada:	20,6 MW
Tipo de Central:	Hidráulica de embalse
Nivel de la Cámara de Carga:	2691,9 msnm
Nº de Unidades de Generación:	2 Turbinas
Salto Bruto:	668,2 m
Caudal Nominal:	3,6 m3/s
Caudal Ecológico:	0,2 m3/s
Recurso Hídrico:	Rio Chancay
Casa de Maquinas:	En superficie

Datos de Turbina:

Tipo de Turbina:	Pelton Horizontal
Potencia Nominal:	10 MW
Caudal Nominal:	1,8 m3/s

Datos del Generador:

Potencia:	11 MVA
Tensión de Generación:	13,8 KV
Factor de Potencia:	0,9

Datos del Transformador:

Potencia:	45 MVA
Nivel de Tensión:	13,8/60 KV

Las características principales de la Central Hidroeléctrica Rucuy son las siguientes:

Potencia Instalada:	20,6 MW
Tipo de Central:	Hidráulica de embalse
Nivel de la Cámara de Carga:	2691,9 msnm
Nº de Unidades de Generación:	2 Turbinas
Salto Bruto:	668,2 m
Caudal Nominal:	3,6 m3/s
Caudal Ecológico:	0,2 m3/s
Recurso Hídrico:	Rio Chancay
Casa de Maquinas:	En superficie

Datos de Turbina:

Tipo de Turbina:	Pelton Horizontal
Potencia Nominal:	10 MW
Caudal Nominal:	1,8 m3/s

Datos del Generador:

Potencia:	11 MVA
Tensión de Generación:	13,8 KV
Factor de Potencia:	0,9

2.1.2 Ubicación del proyecto.

Las Centrales Hidroeléctricas Chancay y Rucuy, están ubicadas en la Carretera Huaral – Cerro de Pasco, altura de Km. 63 – ZONA LACSA, distrito de Pacaraos, provincia de Huaral, departamento de Lima.

La Central Hidroeléctrica de Chancay, se construyó desde mediados de inicios del año 2013 y entro en funcionamiento en agosto del 2016.

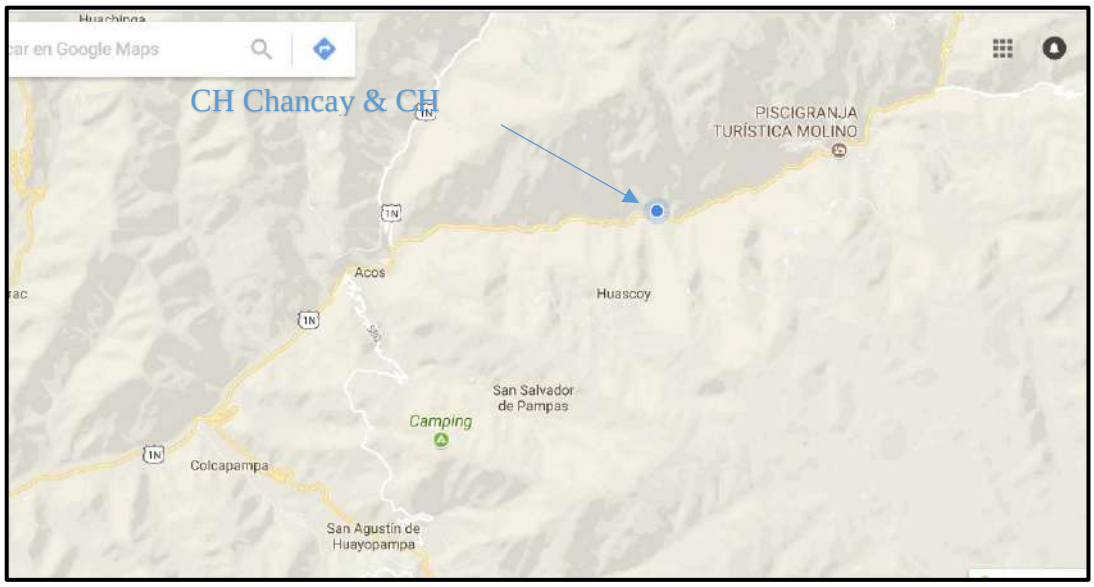

Ilustración 2.- Ubicación de las CH. Chancay & Rucuy.
Fuente: Elaboración propia.

2.1.3 Antecedentes del proyecto.

Proyecto Chancay inició en el año 2011, se tenía capacidad de generación en cuenca de Río Chancay, se iniciaron los estudios y disputa entre empresas SINERSA y EGERBA. Quedando después de varios meses en un acuerdo mutuo. Posterior a este acuerdo se inició la construcción del proyecto con ambas empresas como aliadas (esto para las instalaciones comunes).

Se aprovecha el caudal hidrológico que se tiene en Río Chancay, captándolo después de la unión entre Ríos Chancay y Baños.

Tras el acuerdo de ambas empresas (SINERSA y EGERBA), decidieron negociar con las comunidades (Ravira y Viscas), para que en conjunto se pueda llevar la ejecución sin descuidar las buenas relaciones que se deben tener con las comunidades.

2.1.4 Objetivo del proyecto.

Utilizar la energía hidráulica en tramo de Río Chancay para la generación de energía eléctrica de forma eficiente, previo estudio de viabilidad e impacto ambiental.

2.2 Justificación y vinculación con la profesión.

Los trabajos realizados durante el periodo laboral tanto en la empresa SINERSA y Coordinadora Proyecto Chancay, se han desarrollado en el rubro de generación y transmisión de energía y montaje electromecánico de centrales hidroeléctricas. Ambos se encuentran muy ligados a la carrera de ingeniería Mecánico-Eléctrica, porque durante los trabajos diarios se hace uso de distintas herramientas de estudio y análisis vistos a lo largo de la carrera profesional y se necesita cumplir con el siguiente perfil:

- Conocer y aplicar conceptos básicos de suministro de energía eléctrica.
- Conocer sobre sistemas de utilización y distribución.
- Manejo de máquinas eléctricas.
- Conocer sobre sistemas eléctricos de potencia.
- Análisis de fluidos.
- Capacidad de analizar materiales y equipos para distintos ambientes, teniendo en cuenta la naturaleza de los mismos.
- Conocimiento de sistemas automáticos de control.
- Desarrollar programas de mantenimiento para equipos y sistemas.
- Capacidad de gestión.
- Utilización de herramientas estadísticas y matemáticas.
- Entre otras.

Además de la parte de conocimientos descrito se necesitan distintas habilidades para poder formar y trabajar en equipo, capacidad para solucionar problemas y búsqueda de buenos resultados que vayan de la mano con la ética profesional, que también han sido inculcados durante el periodo de estudios de pregrado.

Capítulo 3

Desarrollo ejecutivo del proyecto

Ilustración 3. Montaje de las centrales hidroeléctricas CH. Chancay y CH. Rucuy.
Fuente: Elaboración propia.

3.1 Montaje electromecánico de servicios comunes.

Los servicios comunes, son instalaciones que pertenecen tanto a CH. Chancay (SINERSA) y CH. Rucuy(EGERBA). A continuación, se describen:

3.1.1 Bocatoma.

Es el inicio de la captación de flujo de agua que se tiene en centrales hidroeléctricas, en este caso del Río Chancay. Las obras de captación de agua del potencial hídrico del Río Chancay se han localizado en el cauce del río, a unos 80 m aguas abajo de la desembocadura del tributario izquierdo Baños y aguas abajo de la salida de agua de la mini hidroeléctrica Tingo.

La bocatoma consta de las siguientes estructuras civiles:

- ✓ Aliviadero fijo de 28.50 m de longitud ubicado en cauce principal del rio. La cresta del aliviadero tipo “criger” se encuentra en cota 2726.00 msnm
- ✓ Canal de entrada de 41 m de longitud (incluye zona de aproximación y zona de compuerta de entrada 3.00 x 3.00 m)
- ✓ Canal colector con rejilla inferior COANDA Tipo K de 26.15 m de longitud.
- ✓ Zona de compuertas (02 compuertas en la salida de canal colector de 1.90 x 1.90 m y 01 compuerta en la salida del canal de entrada de 0.70 x 0.70 m.)
- ✓ Casa de control en la cota 2728.20 msnm.

Además, se tiene los siguientes componentes electromecánicos:

- **Compuerta de entrada**, es una compuerta manual. Que utiliza dos cremalleras laterales.
- **Rejilla Coanda**, sirve para proteger el ingreso al canal, de los objetos sólidos y flotantes, llevados por el flujo de agua.
- **Compuerta de salida de caudal ecológico**, permite salida de agua necesaria para preservar los valores ecológicos en el cauce del Rio Chancay
- **Compuerta de seguridad de la entrada de Túnel 1**, sirve para detener el flujo de agua en el túnel 1 en caso ocurra una falla de operación de la compuerta de regulación, también su función es para poder inspeccionar y realizar mantenimientos a la compuerta de regulación.
- **Compuerta de regulación de la entrada de Túnel 1**, sirve para regular la cantidad de agua de entrada.

Ilustración 4. Construcción de Bocatoma.
Fuente: Panel fotográfico - Proyecto Chancay.

Ilustración 5. Bocatoma - vista general.

Fuente: Panel fotográfico - Proyecto Chancay.

3.1.2 Desarenador.

El propósito que cumple el desarenador consiste en que dentro del mismo se depositen todas las partículas del sedimento de 0.25 mm y mayores. El nivel de agua se ha determinado en base a la caída del nivel energético durante la captación y el transporte del agua hasta el desarenador. Se adoptó que el nivel de agua en el desarenador está en la cota 2720.21 m.s.n.m. Fue adoptado un desarenador con lavado hidráulico, a lo que obedece la construcción del desarenador con cinco (5) cámaras (naves), cada una de ellas dimensionadas para el caudal de 1.75 m3/s. Cuatro cámaras están operativas, mientras que una se mantiene en reserva, es decir, se está lavando y se encuentra cerrada.

En montaje electromecánico se instalaron los siguientes elementos:

- **Compuerta plana de entrada**, sirve para facilitar la limpieza, inspección y mantenimiento en entrada del Desarenador.
- **Compuerta de lavado de Sedimentos del Desarenador**, sirve para el lavado de sedimentos que se encuentren dentro de las naves del desarenador.

Ilustración 6. Vista panorámica del Desarenador.
Fuente: Panel fotográfico- Proyecto Chancay.

3.1.3 Reservorio.

Sirve para almacenar cantidad de agua (95 000 m3), para que pueda ser utilizada en tiempos de estiaje.

En montaje electromecánico se instalaron los siguientes elementos:

- **Rejilla de salida**, sirve para proteger el ingreso al conducto de los objetos sólidos y flotantes desde reservorio de compensación, llevados por el flujo de agua.
- **Compuerta de seguridad**, sirve para detener el flujo de agua en caso ocurra una falla en la compuerta de regulación y también para la inspección y/o mantenimiento de la compuerta de regulación.
- **Compuerta de regulación**, sirve para regular la cantidad de agua de salida del Reservorio.

Ilustración 7. Reservorio Rapacán.
Fuente: Panel fotográfico- Proyecto Chancay.

3.1.4 Cámara de carga.

Se encuentra la válvula mariposa que permite el pase de agua, desde el túnel hasta casa de máquinas por medio de la tubería forzada. Esta instalación consiste en lo siguiente:

- **Rejilla de salida**, sirve para proteger el ingreso a la tubería forzada y turbinas de los objetos sólidos y flotantes en Cámara de carga, llevados por el flujo de agua, se ha previsto la rejilla de acero.

- **Válvula mariposa de la tubería forzada**, en el inicio de la tubería de presión, en la caseta de las válvulas, se ha previsto la válvula de seguridad de la tubería de presión, que la protege en casos de emergencia, así como permite la inspección y el mantenimiento de la tubería forzada en circunstancias normales.

La apertura de la válvula es por medio del servomotor hidráulico y el cierre por medio del contrapeso. La apertura de la válvula es posible solo en condiciones de equilibrio de presiones antes y después de la válvula, mientras el cierre es posible solo con flujo de agua.

En caso de emergencia, el cierre de la válvula es automático al impulso emitido por la protección de la tubería forzada.

Ilustración 8. Casa de válvula mariposa - Cámara de carga.
Fuente: Panel fotográfico- Proyecto Chancay.

3.1.5 Túneles, ductos y bifurcaciones.

Sirve para la conducción del agua del Río Chancay hacia las turbinas de las centrales hidroeléctricas, a través túneles y de la tubería forzada. Esta instalación consiste en la siguiente:

- Tubería forzada
- Bifurcaciones
- Túneles

En montaje electromecánico se instalaron los siguientes elementos:

- **Tubería Forzada**, las turbinas en la casa de máquinas de CH. Chancay y CH. Rucuy, se abastecen de agua a través de la tubería forzada, bifurcaciones y ramal propio de las turbinas. En el final de la tubería forzada, se conecta por ramales con la válvula de seguridad de cada turbina.

  En el tramo I de la tubería forzada entre entrada y el bloque de anclaje BA1, y el tramo VI entre bloques de anclaje BA9 y bifurcación para turbina N°2 de la CH. Rucuy son cubiertas en concreto.

  En el tramo II entre bloques de anclajes BA1 y BA14 y el tramo IV entre bloques BA6 y BA7 son colocados a tierra.

  En el tramo III entre bloques BA4 y BA6 y el tramo V entre bloques BA8 y BA9 se encuentran colocados sobre soportes fijos dispuestos a distancia de 6.0m.

Ilustración 9. Montaje de tubería forzada.
Fuente: Panel fotográfico- Proyecto Chancay.

- **Bifurcaciones,** la tubería forzada se continua agua abajo a través de tres bifurcaciones y por ramales conectadas a las válvulas de seguridad de las turbinas de CH. Chancay y CH. Rucuy. Las bifurcaciones con sus ramales son en concreto.

Datos técnicos:

Dimensiones de la bifurcación N°1 para turbina N°2 de la CH. Rucuy: 1,40m/1,20m/0,65m

Dimensiones de la bifurcación N°2 para turbina N°1 de la CH. Rucuy: 1,20m/1,00m/0,65m

Dimensiones de la bifurcación N°3 para turbina N°2 de la CH. Chancay: 1,00m/0,65m/0,65m

Material de las bifurcaciones:	Acero ASTM A – 572, grado 65
Espesor de bifurcación:	20mm/16mm
Presión estática interna máxima:	68Bar
Presión dinámica interna máxima:	75Bar.

Ilustración 10.- Bifurcaciones en ingreso a casas de máquinas.

Fuente: Panel fotográfico- Proyecto Chancay.

- **Túneles**, A lo largo del recorrido del flujo de agua, se tiene instalado túneles, que son estructuras civiles de considerable importancia dada la geografía de la zona. Se adjunta sus principales características.

Tabla 1. Características de túneles.

CHs. RUCUY & CHANCAY		
MEDIDA DE TUNELES		
Nº TUNEL	Longitud (m)	B/H
Túnel 1	213.46	2.10/2.75
Túnel 2	47.00	2.10/2.75
Túnel 3	85.00	2.10/2.75
Túnel 4		
Túnel 5	2002.67	3.40/3.40
Túnel 6	3132.00	3.40/3.40
Túnel 7	592.45	3.40/3.40

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 11. Vista panorámica - Proyección de túnel Nº 05.
Fuente: Panel fotográfico- Proyecto Chancay.

3.1.6 Sala de control común.

En centro de control se cuenta con tableros de mando y control (0NEW, 0NH y 0UC), que se utilizan para alimentación en 220/380 V, alimentación de UPS (220 v) y control de servicios comunes (Tableros e instalaciones que se tienen desde bocatoma hasta casa de máquinas) respectivamente.

Servidores 1 y 2 (Back up), en donde es el punto de partida para todo el sistema de comunicación de ambas centrales y servicios comunes.

PC Scada y PC Ingeniería, que se utilizan para el monitoreo de distintos parámetros de medición y control. Además de la extracción de data para envío a las entidades respectivas, llámese COES, OSINERGMIN, ALA, EDELNOR, etc.

Ilustración 12.- Instalación de pantallas, configuración de PC Scada, primer turno de operaciones.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.7 Tableros de control

En servicios comunes en las instalaciones desde Bocatoma a cámara de carga se tienen instalados tableros, la cual se describen de la siguiente forma:

- 1NEW, 1VW → Bocatoma.
- 2NEW, 2VW → Desarenador.
- 3NEW, 3VW → Reservorio.
- 4NEW, 4VW → Desarenador.

Los tableros NEW son los tableros de alimentación, se tiene la llegada de alimentación de la línea 22.9 KV y del grupo electrógeno como respaldo en caso se tenga problemas en la línea de transmisión. Además, en ella se puede realizar maniobras en modo manual ya sea para arranque de bombas y/o maniobras con las compuertas/válvulas.

Los tableros VW, son tableros de control, en ella se tiene la data de los sensores de nivel que se encuentran a lo largo de los ductos y túneles, brindándonos información en tiempo real sobre los parámetros de medición (nivel, caudal). Además, se puede realizar maniobras en modo automático y remoto (arranque de bombas y/o maniobras de compuertas y válvulas, en este tablero se tiene la llegada de fibra óptica que permite tener comunicación con centro de control común.

3.1.8 Aportes y experiencias adquiridas.

Dentro de los aportes y experiencias adquiridas se aportó en los siguientes frentes de trabajo:

- Montaje electromecánico: Se instalaron compuertas de regulación y mecánicas, en los distintos lugares (Bocatoma, desarenador, Reservorio y Cámara de carga) se instaló compuertas mecánicas, compuertas de regulación, compuertas de seguridad, compuerta de regulación de caudal ecológico, compuertas de desarenado, unidades hidráulicas y válvula esférica con apoyo de maquinaria (camión grúa) y especialistas en montaje electromecánico. Aportando en la elaboración de procedimientos de montaje y ejecución de los mismos. Como experiencia y para tener en cuenta, conocer los puntos de Izaje de cada equipo, la importancia de aplicación de la documentación de gestión de seguridad y la elaboración de un procedimiento adecuado y realista para las maniobras a ejecutar.

Ilustración 13.- Montaje de compuerta de regulación en Reservorio.

Fuente: Elaboración propia.

- Montaje, cableado y conexionado de tableros eléctricos: como ya se ha descrito anteriormente, se instalaron tableros NEW y VW en cada lugar de control, en esta actividad es importante conocer las funciones de cada dispositivo, saber leer los planos y configuraciones de los equipos, efectuar un correcto trabajo en el cableado y conexionado teniendo presente el orden en los trabajos.

- Pruebas electromecánicas: verificación y pruebas de bombas, electroválvulas y unidad hidráulica en general, apertura y cierra de compuertas y válvula mariposa, programación y configuración de tiempos para realizar las maniobras.

Ilustración 14.- regulación de electroválvulas.

Fuente: Elaboración propia.

- Pruebas electromecánicas: verificación y pruebas de bombas, electroválvulas y unidad hidráulica en general, apertura y cierra de compuertas y válvula mariposa, programación y configuración de tiempos para realizar las maniobras.

- Capacitación a personal que realizará maniobras con compuertas, elaboración de procedimientos y mantenimientos rutinarios.

3.2 Montaje de patio de llaves – Línea de transmisión.

3.2.1 Montaje de patio de llaves.

El montaje de patio de llaves se inició con la instalación del sistema de puesta a Tierra y los cimientos en donde se levantarían las estructuras. Para este trabajo se instalaron pozos a tierra, cableado de malla de tierra, utilizando en sus uniones soldadura exotérmica y cemento conductivo dado los problemas que se tenía con el terreno.

Ilustración 15.- Instalación de sistema de puesta a tierra en patio de llaves.
Fuente: Elaboración propia.

Posterior a ello se instaló el equipamiento tanto el sistema principal (Pórtico de llegada, interruptor-seccionador) como los transformadores de medición de corriente y voltaje, además del equipamiento complementario como pararrayos, aisladores, etc. Durante la instalación se realizaron maniobras con maquinaria (camión grúa, grúa, etc.) y se tenía presencia de personal especialista de empresas ABB y WEG.

Para la instalación fue necesario realizarlas según manual de montaje, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas de cada componente.

Ilustración 16.- Montaje de interruptor - seccionador de patio de llaves.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presente una pequeña descripción de los equipos instalados.

Pararrayos.

Los pararrayos son de marca ABB de tipo EXLIM clase 4 y de óxido de Zinc. Son de tensión nominal de 60 KV, y corriente de descarga nominal de 20kA. Su máxima capacidad de energía disipada es de 4.5 kJ/kV, siendo su capacidad de alivio de sobrepresión interna de 65 kA.

Está montado sobre pedestal metálico y su carcasa está aterrada debidamente.

Transformador de Corriente.

Los transformadores de corriente son de marca ABB y de tipo IMBD 72 A3, son cerrados herméticamente y con aceite aislante. El tanque de expansión se sitúa en la parte superior parcialmente llena con nitrógeno. Poseen dos visores del nivel de aceite tipo prismático ubicados en el tanque de expansión.

La tensión nominal de funcionamiento es de 60 KV, la tensión máxima es de 72.5 kV, siendo la corriente que soporta en corta duración de 16kA/1s y su corriente dinámica nominal es de 40 kA.

La corriente nominal primaria es de 500A, mientras que su corriente nominal secundaria es de 1A. Los aisladores son de porcelana recubiertos por un esmalte que impide la penetración de la humedad

Transformador de Potencial Inductivo.

Los transformadores de potencial inductivo son de marca ABB y de tipo CPB 72, son sellados herméticamente (lacrados) y con aceite aislante. El tanque de expansión se sitúa en la parte superior parcialmente llena con nitrógeno.

La tensión nominal primaria es de 72 KV, la tensión máxima es de 72.5 kV, siendo la tensión nominal secundaria de 100/V3 con clase 0.2/ 0.5- 50 VA.

Los aisladores son de porcelana recubiertos por un esmalte que impide la penetración de la humedad

Estos tipos de equipos son prácticamente libres de mantenimiento

Está montado sobre pedestal metálico y su carcasa está aterrada

Seccionadores de apertura central.

Los seccionadores de apertura central Marca ABB, tipo COMPASS 123 opera con la tensión de 72.5 KV y entre intensidades 1600 A.

Los Seccionadores son montados en estructuras metálicas debidamente anclados y aterrados a la malla de tierra de la sub estación.

El accionamiento indirecto y simultáneo de las tres fases se obtiene mediante un

mecanismo manual por medio de tubos que se ajustan con roscas derecha e izquierda en las extremidades.

Las cuchillas de puesta a tierra son fijadas en la propia base del seccionador y poseen un mecanismo de operación independiente de la cuchilla principal.

Interruptor tripolar con gas SF6.

Los aisladores son de porcelana recubiertos por un esmalte que impide la penetración de la humedad

Estos tipos de equipos son prácticamente libres de mantenimiento.

3.2.2 Montaje de transformador principal 45 MVA.

El transformador de Potencia Trifásico de 45 MVA, con devanados sumergidos en aceite dieléctrico el cual es refrigerado por medio de unos radiadores. No posee ventilación forzada. La capacidad del tanque y accesorios es de 7727 Kg.

Su tensión en el lado de Baja es de 13,800 Voltios y en el lado de Alta es de 61,500 +/- 2x2,5% Voltios, con grupo de conexión Ynd5. Su neutro está conectado a la malla de tierra que esta tendida en el patio de llaves.

El transformador tiene un sistema de protección propio. Posee un relé de acumulación de gas tipo Buchholz tipo BR80 MA, así como una válvula de control de la presión interior del tanque, tipo 80T.

Posee además un termómetro de para el aceite, marca AKM, así como un Indicador de temperatura del devanado con un relé de imagen térmica tipo AKM, que mide la temperatura en el punto más caliente del devanado. El transformador posee un sistema de regulación en vacío por medio de TAPs que se regulan manualmente.

Durante el montaje se inició con el ensamble de partes y equipamiento, posteriormente se ubicó en el lugar definido según planos de ubicación, se llenó con aceite, previas pruebas de transformador, posterior a ello se continuaron con las pruebas.

Ilustración 17. Ensamble de partes de transformador principal.

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 18.- Pruebas en transformador principal.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3 Montaje de LT 6947 – 60 KV.

La Línea de 60 kV tiene una longitud de 60,45 km, la ruta se inicia en la Nueva Central Hidroeléctrica Chancay y termina en la Subestación existente Huaral, la llegada a la subestación Huaral por ser zona urbana, será mediante postes metálicos auto soportados, en el tramo restante las estructuras serán tipo torres de celosía.

Las características más importantes del trazo son:

Longitud total	:	60,45 km
CH. Chancay-V23 (zona rural)	:	57,23 km
V23 – V36 (VF) Huaral (zona urbana)	:	3,12 km
V36 – Pórtico SET Huaral (Subterráneo)	:	0,10 km
Altitud máxima de la línea	:	2786 m.s.n.m.
Altitud mínima de la línea	:	215 m.s.n.m.
Número de vértices	:	36

La LT 60 KV, tiene un total de 152 estructuras, el conductor empleado es de aleación de aluminio tipo AAAC de calibre 300 mm2 de 37 hilos y peso 0.817 Kg/m. Los aisladores de poliméricos, modelo 80/120kN – 72.5kV, conjuntamente con su ferretería de suspensión. El sistema de puesta a tierra está conformado por diversos diseños que permiten obtener resistencias menores a 25 Ohmios, siendo las varillas empleadas de copperweld de 5/8” x 2.40 m de longitud y conductor de cobre blando N°10 AWG. Sus características principales son:

3	Nivel de Tensión	:	60 kV
4	Sistema	:	Aéreo
5	N° de fases	:	Trifásico de 3 hilos
6	Número de Ternas	:	Simple terna
7	Longitud	:	60,45 km
8	Estructuras	:	Metálicas de Aº Gº
9	CH. Chancay-V23	:	Torres de celosía
10	V123 – SE Huaral	:	Postes metálicos
11	Conductor	:	300 mm2 tipo AAAC
12	Cable de Guarda	:	Cable fibra óptica OPGW 24 fo-95 mm2
13	Aisladores	:	Poliméricos suspensión, 80kN y 120kN

Ilustración 19.- Montaje de primera torre de LT 6947.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4 Conexiones de fibra óptica.

Los trabajos de conexionado de fibra óptica se realizaron tanto en la línea de 60 KV como en la de 22.9 KV y en los puntos de llegada a las distintas instalaciones.

Se utilizó fibra óptica tipo OPCC, que viene incorporado en el cable de guarda tanto de la LT 60 KV y LT 22.9 KV. Para la unión de tramos de fibra óptica se realiza

con equipo especial (OTDR) y por termofusión, posterior a ello se verifica la calidad de unión.

Ilustración 20.- Conexionado de fibra óptica.
Fuente: Elaboración propia.

Las instalaciones que se tienen a lo largo del proyecto están comunicadas entre sí a través de la fibra óptica instalada. Teniendo el origen en casa de máquinas, se adjunta esquema de conexionado.

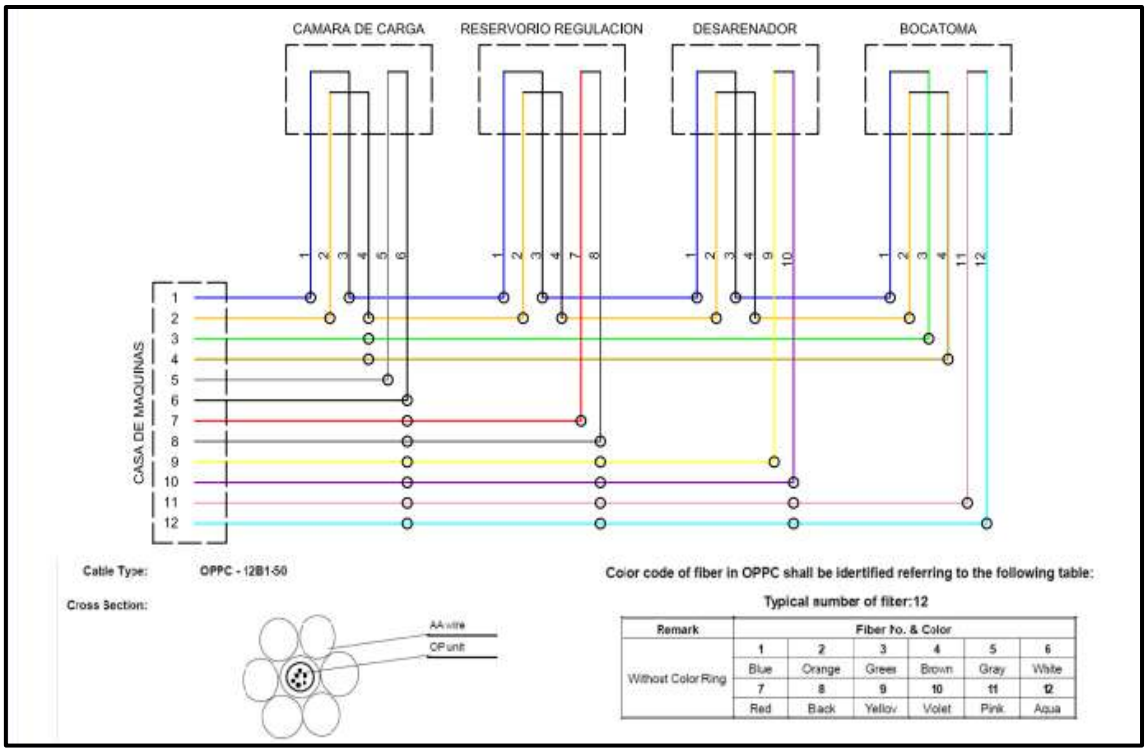

Ilustración 21.- esquema de conexionado de las instalaciones de Proyecto Chancay.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.5 Aportes y experiencias adquiridas.

Durante los trabajos de montaje de patio de llaves y línea de transmisión, se realizaron los siguientes aportes:

- Lectura de planos de equipamiento de patio de llaves.
- Modificación y/o creación de procedimientos para trabajos de montaje de equipos.
- Dirección de maniobras en montaje.
- Evaluación de estado de los equipos según resultados de pruebas de operatividad.
- Evaluación de estado de cable de fibra óptica, calidad de transmisión de datos.
- Evaluación de tipo de estructuras y protecciones utilizadas en línea de transmisión.

Experiencias adquiridas:

- Estudio e instalación de sistema de puesta a tierra de Patio de llaves.
- Montaje y equipamiento de patio de llaves.
- Pruebas de operatividad de equipos, con apoyo de especialistas.
- Maniobras de montaje de torres de transmisión e instalación de protecciones.
- Soldadura de fibra óptica.
- Aplicación de protocolos de pruebas.

3.3 Montaje de casas de máquinas.

3.3.1 Montaje electromecánico de CH. Chancay.

3.3.1.1 Montaje de turbinas Pelton.

En Casa de máquinas se encuentran 2 turbinas. Considerando las condiciones en la que opera la Central, teniendo como dato inicial el rango de caídas y el rango de caudales, fueron elegidas las turbinas de tipo Pelton.

La unidad generadora (turbina – generador), tendría dos cojinetes, ambos a los extremos del generador. Las fuerza axiales y radiales de la unidad generadora se transmitirán a través de los cojinetes, soportes y fundamentos al piso del generador de la casa de máquinas.

Las características básicas de la turbina son:

- Cantidad de turbinas: 2
- Tipo: Pelton, horizontal
- Caída nominal: 666m
- Caída máxima: 680m
- Rango de caídas: (663-680) m
- Caudal nominal: 1.70 m3/s
- Rango de caudales: (0.20 –1.70) m3/s
- Velocidad nominal: 900 rpm
- Velocidad de embalamiento: 1,620 rpm
- Potencia nominal: 10.00 MW
- Diámetro del rodete de la turbina: 1.15 m.
- Numero de impulsores: 2
- Cota del eje horizontal de la turbina: 2,001.00 m.
- Cota del piso de la turbina: 2,000.15 m.
- Incremento temporal de la velocidad de la turbina: 45%
- Incremento máximo de presión: 68 m.

Cada turbina estará provista del regulador para el mantenimiento automático y remoto del número de revoluciones constante y de la potencia requerida en operación individual y conjunta. Parte digital del regulador será función del PLC (Sistema de Control) de la unidad.

Las características básicas de los reguladores de la turbina son:

- Tipos del regulador: electrónico digital
- Presión de aceite en el sistema de regulación de la turbina: 120 Bar
- Cantidad de bombas de aceite por la turbina: 1+1
- Capacidad de la bomba de aceite: 0.30 l/s
- Presión de la bomba de aceite: 120 Bar
- Potencia del motor de la bomba de aceite: 5.5kW

Los niveles de control de la turbina son:

- Nivel individual desde el tablero local de la turbina
- Nivel grupal desde el tablero grupal de la unidad generadora
- Nivel de proyecto desde el centro de control de proyecto, ubicado en la sala de control de CH. Chancay.

Otros componentes de turbina:

HPU:

En la unidad de presión hidráulica, el aceite hidráulico es preparado, filtrado y presurizado. La unidad de presión hidráulica también incluye la distribución de aceite a ambas agujas (inyectores) y cilindros de los deflectores, línea de seguridad, regulación de válvula de entrada principal y la conexión de la unidad acumuladora de presión.

El aceite hidráulico es recolectado en el tanque de aceite de suficiente capacidad para todo el aceite en el sistema. El tanque tiene un botón manual por fuera para drenar el aceite si se necesita. El tanque está colocado en un recipiente abierto con suficiente capacidad para mantener todo el aceite del tanque en caso de una fuga.

El tanque está equipado con un instrumento de medición de nivel visual, que está marcado en nivel mínimo y máximo de aceite.

Para llenar el aceite dentro del tanque, hay un filtro de llenado y un filtro secador de aire, para prevenir la humedad dentro del tanque.

Unidad de potencia hidráulica, contiene dos independientes lazos de control:

- Control de presión en la parte de alta presión del HPU.
- Temperatura de aceite en el tanque.

Además, también el nivel de aceite y la obstrucción del filtro son supervisados.

Datos técnicos:

Bomba N°1 y Bomba N°2:

3x400 VAC

7,5 Kw

21 l/min

Presión de aceite:

La presión en la parte de alta presión del HPU se mantiene usando 2 bombas de aceite redundante, la cual bombean el aceite desde el tanque a la parte de alta presión del HPU.

La presión es acumulada usando 3 acumuladores de presión de Nitrógeno. Estos son medidos usando transductores de presión análoga.

Las bombas redundantes trabajan de modo alternante la cual significa que, en primer caso de necesitar bombear, la primera empieza y después empieza la siguiente. Hay 3 parámetros los cuales definen el comportamiento:

- Bomba de presión de aceite del HPU-OFF – Presión por la cual las bombas están paradas.
- Bomba de presión 1 del HPU-ON – Presión por la cual una bomba es iniciada.
- Bomba de presión 2 del HPU-ON – Presión por la cual ambas bombas son iniciadas.

Temperatura de aceite:

Para mantener la temperatura de aceite, un calentador está conectado con el termostato. Si la temperatura de aceite cae debajo del valor seteado, el calentador se activa antes que la temperatura siga aumentando.

Nivel de aceite:

El nivel de aceite del tanque debe estar encima del valor seteado. Nivel bajo de aceite puede significar fuga en el sistema de aceite lo cual podría causar complicaciones en la operación y también problemas ambientales.

Filtro Obstruido:

El aceite es bombeado desde el tanque hasta la parte de alta presión del HPU a través de 2 filtros, los cuales son usados uno al momento.

La obstrucción del filtro es supervisada usando el método de presión diferencial (diferencia de presión antes y después del filtro).

PANEL DE PRESION DE ACEITE (OPP):

La válvula de entrada principal y bypass están alimentadas por aceite presurizado desde el HPU, pero los controles de las válvulas están instalados en un panel separado.

Válvula de entrada principal (MIV):

Consiste en una válvula esférica y un sello. Su acción es secuencial.

- La apertura de la MIV está alimentada por aceite presurizado desde el HPU. Por razones de seguridad el servomotor solo abre el MIV, el cierre del MIV está hecho por la presión del agua de la turbina.
- La apertura y cierre del sello se hace por la presión del agua de la turbina, controlado por la presión de aceite.
- El sistema de control envía solo una señal de comando a la Válvula Hidráulica: “MIV OPEN”, debe estar presente continuamente para mantener la MIV abierta.

La posición es monitoreada por 4 interruptores: “MIV OPENED”, “MIV OPENED 82.5°”, “MIV OPENED 75°” y “MIV CLOSED”, el tiempo de apertura y cierre es monitoreada, si el tiempo definido es excedido, una alarma es generada.

Válvula Bypass:

Realiza el bypass de agua desde la tubería a la turbina para aliviar el estrés del MIV cuando se abre o se cierra.

El movimiento del bypass es alimentado desde el aceite presurizado del HPU.

Se controla por una válvula la cual tiene 2 posiciones, abierta mientras esta energizado y cerrado en estado estable. Esto significa que, durante la necesidad del bypass a ser abierta, la válvula debe ser energizada continuamente.

El sistema de control envía solo un comando a la válvula hidráulica, “Bypass valve OPEN”, debe estar presente continuamente para mantener la válvula bypass abierta.

Su posición es monitoreada por 2 interruptores: “Bypass oponed” y “Bypass closet”. La apertura y cierre, su tiempo es monitoreado, si el tiempo definido es excedido, una alarma es generada.

INYECTORES Y DEFLETORES:

La turbina Chancay tiene 2 inyectores y deflectores conectados a un mecanismo de operación común (3 servomotores).

Las posiciones de los Inyectores y deflector son accionados por sus válvulas proporcionales o direccionales. Las válvulas direccionales son usadas en modo manual, mientras que las válvulas son usadas en modo automático.

El modo de operación está definido por una válvula hidráulica (este bloquea las válvulas proporcionales) y su estado es señalizado por la señal: “HPU automatic mode ON”.

Los inyectores son usados para la sincronización y duración normal de la operación de la unidad. Para un rápido cerrado los deflectores son usados.

El control de acción de los deflectores debe estar habilitado por la línea de servicio, donde 4 válvulas están puestas en serie. Sólo si las 4 están abiertas, la línea de servicio habilita el control de la línea y consecuentemente el control de la turbina.

Las 4 tienes funciones de seguridad de la turbina:

- Válvula de protección de sobre-velocidad: La cual cerrando es disparado mecánicamente cuando el dispositivo de sobre-velocidad mecánico detecta alta velocidad de la Unidad.

- Válvula de servicio manual: La cual es operada manualmente en HPU.

- Válvula de servicio 1 (Válvula de Servicio): La cual es eléctricamente controlada por la unidad del sistema de control y es usada en parada normal o en una parada rápida (protecciones mecánicas). Si cualquier inseguro comportamiento es detectado, la protección se dispara lo cual significa que la válvula de servicio se cierra.

- Válvula de servicio 2 (Válvula de apagado de emergencia): La cual es eléctricamente conectado al relé de disparo principal en caso de parada de emergencia. Este es controlado por el sistema de protección de la unidad, la cual consiste en protecciones eléctricas. Si cualquier inseguro comportamiento es detectado la protección se dispara la cual significa que cerrar la válvula de servicio.

En Operación normal, la línea de servicio debe estar debajo de la presión de aceite. Activando cualquiera de las válvulas encima de la presión en línea de servicio, la cual es señalizado como “SERVICE line ACTIVATED” siendo “FALSE”.

La velocidad de abrir y cerrar (flujo de aceite hidráulico), mecánicamente se encuentran configurados los Set point en el HPU.

El montaje de la turbina se inició con el ensamble de equipamiento, previos trabajos civiles en cimentaciones y diseño de bases en donde irían ubicados los equipos. Posterior a ello se procede a montar la turbina teniendo en cuenta las inclinaciones con apoyo de personal de topografía. Posterior a ello se monta el equipamiento auxiliar de turbina, se realizan ajustes en cuanto a las tuberías del sistema hidráulico, llenado de aceite en tanque, etc.

Ilustración 22.- Ensamble de equipamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 23.- Montaje de turbina.

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 24.- Montaje de turbina 1 de CH. Chancay.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.2 Montaje de generadores.

Datos del Generador:

- Modelo: SH10 1120
- Potencia: 11000 KVA
- Tensión: 13800 V
- Número de polos: 8 POLOS
- Frecuencia: 60 Hz
- Rotación: 900 rpm
- Factor de potencia: 0.9
- Grado de protección: IP21
- Forma constructiva: IM7311
- Refrigeración: IC21
- Clase de aislamiento: F
- Sentido de rotación (visto lado accionado): anti-horario
- Disparo: 1500 rpm

- El descanso del lado opuesto al accionamiento es aislado
- Masa aproximada del rotor: 14800 kg
- Masa aproximada del estator completo: 17700 kg
- Masa aproximada de Generador: 42500 kg
- Inercia del rotor del generador: J: 2490 Kg.m2

Lista de Componentes:

Datos de los cojinetes – Generador

Cojinete delantero ZRZCK 35-425:

- Flujo de aceite: 47 l/min
- Cantidad de aceite: 33 litros
- Perdidas: 14.9 kW
- Masa: 1300 Kg

Cojinete trasero ZRZCQ 22-300:

- Flujo del aceite: 8 l/min
- Cantidad de aceite: 16.5 litros
- Perdidas: 5.3 kW
- Masa: 430 kg

Tipo de aceite: ISO VG-68

Periodo de cambio de aceite: 20000 horas

Presión de carga de entrada del cojinete: 0,8 a 1,0 Bar

Temperatura de entrada de aceite: 40°C

Cojinete sin anillo de la lubricación (anillo pescador)

Lubricación forzada en caso de parada de emergencia:

En caso de la imperfección de la bomba eléctrica CA (corriente alterna), la bomba de circulación de aceite (emergencia) es demandado en el movimiento por el motor eléctrico CC (corriente continua)

Datos del sistema de freno:

El freno del Generador es actuado por una válvula de control direccional. El estado del freno es individualmente monitoreado por el interruptor de presión de aceite, lo cual envía señal "Generador break ON" al sistema de control.

Datos técnicos:

Modelo: hidráulico.
GD2 Total: 9960 Kgf.m2.
Inicio de aplicación de freno: 270 rpm (30% "rated speed").
Torque residual: 0% "rate torque".
Tiempo de aplicación de freno: 12.2 s.
Cantidad: 1.
Presión: 90 Bar.

Dispositivo de Sobre-velocidad:

El dispositivo de sobre-velocidad es una protección mecánica y es actuado mecánicamente en caso que la velocidad de la unidad incremente.
La acción del dispositivo envía una señal "Overspeed device closed" al relé principal de disparo, lo cual resulta en una parada de emergencia.

Datos del sistema de aceite en alta presión:

Debe ser conectado antes del arranque del generador (rotación = 0rpm) y desconectado solamente después de que el generador ultrapase la rotación de 100 rpm.

En la desaceleración del generador, el sistema de aceite en alta presión deberá ser conectado cuando la maquina alcance la rotación de 100 rpm, y desconectado después de la parada completa del generador (rotación = 0 rpm).

Cojinete delantero y trasero:

Presión en el inicio de la operación (para suspender el rotor): 68 bar – flujo 1 l/min.

Presión cuando desenchufar la maquina: 34 bar – flujo 1l/min.

Medición de velocidad:

La velocidad de la turbina es medida con el principio de una herramienta mecánica. La medición es usada mientras la secuencia de arranque como la velocidad de la unidad, deben sincronizarse con la frecuencia de trabajo.

Ilustración 25.- Montaje de generador 2 de CH. Chancay.

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 26.-Generadores WEG – CH. Chancay.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.3 Montaje de sistemas auxiliares.

Se tienen los siguientes sistemas auxiliares:

Sala de Baterías:

Se instalaron salas de baterías, con dos grupos cada uno (G1 y G2), en ellas se utilizan baterías tipo “hoppecke” de 2.1 V cada una, en cada grupo se tiene 54 baterías, se cuenta con un tablero de salida en 110 V de cada grupo. Para el montaje de sala de baterías inicialmente se instalan los soportes, que es un conjunto de piezas las cuales se arman fácilmente, posterior a ello se instalan las baterías, previa inspección de estado, midiendo su densidad y tensión, finalmente se conectan en serie cada batería y se realiza medición final de tensión, obteniendo 110 V.

Ilustración 27.-Montaje de sala de baterías.
Fuente: Elaboración propia.

Transformador Auxiliar:

Transformador de autoconsumo T2 para la Central Hidroeléctrica, 13.8/0.4kV, 160Kva, 60Hz, Dyn5. El transformador es de resina fundida de tipo seco, con protección de ingreso IP31, encerrado con tapas metálicas, designado como T2.

El transformador auxiliar se montó en nivel inferior de casa de máquinas y se realizó el conexionado con la llegada desde los tableros 1K (13.8 KV) y la salida hacia el tablero +1NE (400 V).

Ilustración 28.- Montaje de transformador auxiliar T2.

Fuente: Elaboración propia.

Grupo electrógeno:

El grupo electrógeno instalado (U3), es de 95 KVA, 400 V, 60 Hz, Perkins. El grupo electrógeno es utilizado en caso se tengan problemas con alimentación desde el transformador auxiliar sea por falla en línea de transmisión, salida de las unidades de generación o problema propio de transformador auxiliar, con el suministro de energía del grupo electrógeno permite realizar la secuencia de parada de unidades de manera normal, sin afectar los equipos (principalmente los cojinetes).

El montaje fue relativamente sencillo ya que solamente se ubicó en sala de grupo electrógeno y se conectaron los cables de salida, cargador de batería y cables de señalización.

Ilustración 29.- Montaje de grupo electrógeno.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.4 Montaje de tableros de alimentación y control.

Ilustración 30.- Montaje y cableado de tableros de control.

Fuente: Elaboración propia.

Se instalaron distintos tipos de tableros para alimentación y control de sistema principal y auxiliares, estos se detallan a continuación:

Tablero 60kv:

1F: Tablero para 60kV – tablero local de patio de llaves en donde se pueden realizar maniobras de apertura y cierre de interruptor- seccionador y aplicación de sistema de puesta a tierra de barras.

Ilustración 31.- Tablero 1F - 60 KV.

Fuente: Elaboración propia.

Tableros 13.8kv:

Los tableros 13.8 KV, contienen en común una barra en donde se tiene el suministro de llegada de los grupos G1 y G2 de CH. Chancay y llegada del suministro de energía de CH. Rucuy. Se tienen además salidas hacia el transformador auxiliar (T2) y al transformador principal (T1). Se detalla a continuación:

1K1: Salida a Transformador de servicios auxiliares T2 160kV.

1K2: Llegada de G2.

1K3: Llegada de G1.

1K4: Salida a Transformador principal T1 45MVA.

1K5: Llegada de Rucuy.

Los tableros contienen en la parte inferior el sistema de puesta a tierra, en la parte central los interruptores de apertura y cierre de barras y en la parte superior el sistema de control y comunicación propio de cada tablero.

Para el montaje de los tableros, se realizaron inicialmente obras civiles, para ubicación de bases y canaletas por donde iría el cableado de fuerza (13.8 KV) y el cableado de sistema de comunicación y control. Se colocaron los tableros y se procedió a anclar en conjunto los tableros, finalmente se instaló la barra común de 13.8 KV, los interruptores y sistema de puesta a tierra.

Ilustración 32.- Instalación de tableros +1K - 13.8 KV.
Fuente: Elaboración propia.

Tableros de alimentación y control de CH. Chancay:

1NE1-1NE2: Alimentación principal de 400VAC.

Las necesidades auxiliares comunes se cubren desde el cuadro de distribución principal de 400V AC, que se abastece de energía operativa desde el autoconsumo de transformadores T2 (conectados desde el cuadro de distribución 1K1). En estos tableros se tiene la llegada del suministro de energía de T2 y si se tuviera problemas se tiene también la llegada de energía suministrada por el generador diesel U3 y por el conmutador principal 2NE 400VAC de CH. RUCUY.

A partir de estos tableros se distribuye la alimentación a los diferentes equipos y tableros que necesitan alimentación en 380 V trifásico y 220 V monofásico, tales como: alimentación a los tableros VU, UG, tableros de servicios auxiliares, tablero VF y otros.

Ilustración 33.- Tableros 1NE1 - 1NE2 – 400 VAC
Fuente: Elaboración propia.

1NK -Salida 110 VDC y Cargadores (1V-2V).

Los tableros en mención son Fuente de alimentación en 110 VDC. La tensión de 110 VDC es proveniente de inversores que se encuentran instalados en los tableros 1V y 2V que se encuentran en paralelo y estos a su vez están conectados en una barra colectora con los grupos G1 y G2 de sala de baterías.

Las salidas de los cargadores V1 y V2, llegan al tablero 1NK, en donde se tiene en paralelo ambas llegadas, contando con una siempre en back up, en el tablero 1NK, se tienen las salidas de 110 VDC hacia los tableros que necesitan alimentación en esta tensión, normalmente es usada para alimentación de relés propios de los tableros y otros dispositivos electrónicos y además la salida hacia el tablero 1NH – UPS.

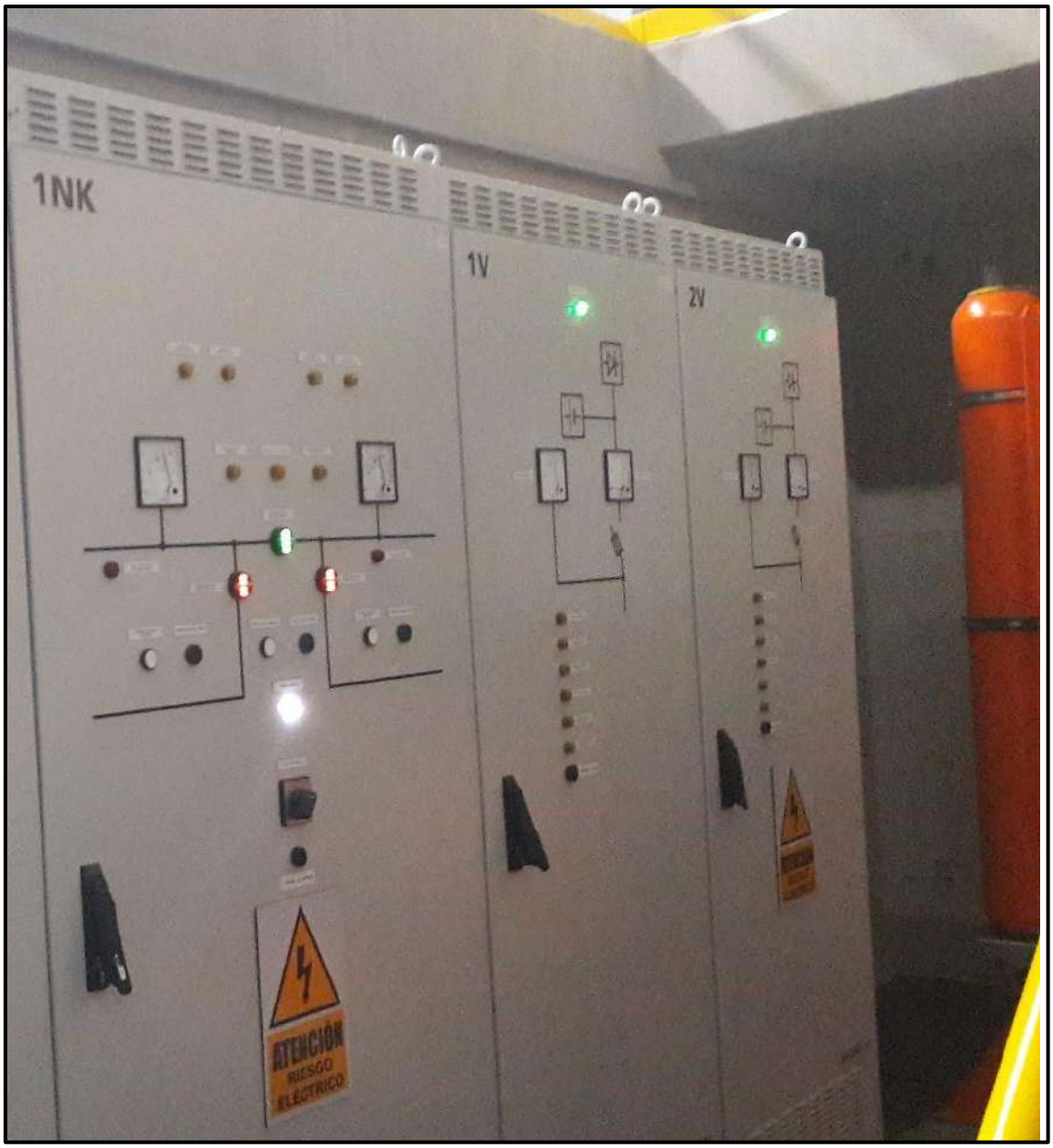

Ilustración 34.- 1NK -Salida 110 VDC y Cargadores (1V-2V).
Fuente: Elaboración propia.

1NH - Back-up 220VAC – UPS.

Se cuenta con tablero UPS, como respaldo frente a alguna contingencia que se tenga en operación normal de los grupos. Este solamente energiza los sistemas con alta prioridad, como alimentación a centro de control PC de Ingeniería y Scada, servidores, equipos de sistemas de comunicación y bomba de emergencia de lubricación.

Ilustración 35.- 1NH - Back-up 220VAC – UPS.
Fuente: Elaboración propia.

1VU-2VU - Centro de control de motores.

Desde estos tableros se alimentan los motores de las unidades hidráulicas tanto de generador como de turbina, como también se tiene control de mando para apertura y cierre de electroválvulas que se tienen en ambas unidades hidráulicas, a partir de este tablero se pueden realizar maniobras de apertura y cierre de inyector y deflector, de válvula esférica, arranque de bombas de refrigeración, bombas de lubricación, bombas de elevación, bomba de emergencia, calefactores.

Ilustración 36.- 1VU-2VU - Centro de control de motores.
Fuente: Elaboración propia.

1VC -Contadores de energía.

La generación de las unidades, cuenta con controles de distintos parámetros, entre ellos la energía que genera cada grupo. Para poder realizar la medida de este parámetro se instalan contadores de energía, que tienen como función principal, cuantificar la producción de cada unidad de generación en KWH.

En este tablero se tiene cuantificada la energía en la salida de cada generador (UG1 y UG2), generación de CH. Rucuy (después de la barra de 13.8 KV y en línea de transmisión (después de transformador). Se encuentran conectados los siguientes equipos:

LINE Energy Counter P3.

HPP Rucuy Energy Counter P4.

UNIT 1 Energy Counter P1.

UNIT 2 Energy Counter P2.

Ilustración 37.- 1VC -Contadores de energía.
Fuente: Elaboración propia.

1UG-2UG -Sistema de control de la unidad, protección, sincronización, y AVR.

Las unidades de generación, se encuentran automatizadas en todos sus procesos. Para lograr ello es necesario tener en cuenta algunos controles, utilizar protecciones y reguladores que a continuación se describen.

Para asegurar la operación correcta, se implementa las siguientes protecciones:

Equipo - Main Generator Protection Relay SR489.

Protección del generador principal: Protección eléctrica multifuncional GE SR489 hecha por GE se utiliza como el principal, la protección proporciona principalmente las siguientes funciones de protección:

• Relé diferencial para el generador (87).

• 100%, 95% de protección de tierra del estator (27TN / 59N, 59N).

• Potencia de marcha atrás / baja potencia de avance (32R / F).

• Pérdida de protección de excitación (40).

• Pérdida de protección de excitación (40Q).

• Sobreintensidad de secuencia negativa (46).

• Sobreintensidad instantánea de fase (50P).

• Sobreintensidad de fase controlada por voltaje (51V).

• Tierra direccional (67G).

• Protección contra sobretensiones (59P).

• Protección de bajo voltaje (27P).

• Frecuencia excesiva / sub-frecuencia (81O / 81U).

• Inversión de fase de voltaje (47).

• Voltios / Hz U / f (24).

• Energización inadvertida (50/27).

• Fallo de fusible del transformador de tensión (VTFF).

• Protección contra fallas del interruptor (50BF).

• RTD de sobre-temperatura (38).

Equipo - Back-up Generator Protection Relay G650.

Protección de generador de respaldo: protección eléctrica multifuncional GE G650 hecha por GE se utiliza como la copia de seguridad, la protección proporciona principalmente las siguientes funciones de protección:

• 95% de protección de tierra del estator (59N).

• Potencia de marcha atrás / baja potencia de avance (32R / F).

• Pérdida de protección de excitación (40).

• Sobreintensidad de secuencia negativa (46).

• Sobreintensidad instantánea de fase (50P).

• Sobreintensidad de fase controlada por voltaje (51V).

• Protección contra sobretensiones (59P).

• Protección de bajo voltaje (27P).

• Frecuencia excesiva / sub-frecuencia (81O / 81U).

• Inversión de fase de voltaje (47).

• Energización inadvertida (50/27).

Además de las protecciones, se tiene un control para el sistema de excitación, que se regula con el siguiente equipo:

Equipo Basler DECS250.

Este dispositivo es un AVR basado en microprocesador. Que entre sus principales características del sistema es que la fuente de alimentación para el sistema de excitación del generador proviene del devanado PMG del generador, la unidad de regulación de voltaje y el circuito de control son alimentados con 110VDC. Además, El AVR permite los siguientes modos de regulación:

· Regulación de la corriente de excitación.

· Regulación de tensión para alcanzar el valor establecido.

· Regulación del voltaje con estática.

· Regulación del factor de potencia.

· Regulación de potencia reactiva.

Para la sincronización de la unidad de generación se utiliza el equipo:

Equipo WOODWARE SPM-D1010B/NYB

Este sincronizador tiene su propio diagnóstico y se tiene se operación en modo manual y automático comparando inicialmente la tensión, luego frecuencia y posteriormente el desfase.

Ilustración 38.- 1UG-2UG -Sistema de control de la unidad, protección, sincronización, y AVR.
Fuente: Elaboración propia.

1UC - Sistema de control común.

Al tener dos unidades de generación, es necesario contar con un tablero que evalúe parámetros que tienen en común, como la presión en tubería hidráulica, nivel de cámara de carga, caudal disponible, tensión y frecuencia del sistema interconectado.

Estos datos permiten regular la apertura de inyectores de cada unidad de generación según los parámetros que se tengan. En este tablero se puede seleccionar el modo de operación de los grupos, que ya han sido descritos inicialmente.

Ilustración 39.- 1UC - Sistema de control común.
Fuente: Elaboración propia.

1VF -Protección de la LT60KV y protección del Transformador principal T1-45MVA

Al igual que en las unidades de generación se necesita implementar protecciones, también es necesario implementarlas para la línea de transmisión y transformador principal. Se detalla las protecciones a continuación:

Protección del transformador. Se utiliza el equipo GE T35, que cumple principalmente las siguientes funciones:

• Protección diferencial (87T, 50/87).
• Protección de sobreintensidad de tiempo de fase TOC (51P).
• Protección de sobreintensidad instantánea de fase IOC (50P).
• Protección de sobreintensidad de tierra TOC (51G).
• Protección de sobreintensidad instantánea de tierra IOC (50G).

Protección principal de Línea. Se utiliza el equipo D30 de GE, que cumple principalmente las siguientes funciones:

• Protección de fase de sobreintensidad direccional (50 / 51P).
• Protección de sobre corriente neutral direccional (50 / 51N).
• Protección de distancia de fase (21P).
• Protección de distancia a tierra (21G).
• Fallo de fusible de VT (VTFF).

Protección principal de Línea. Se utiliza el equipo SR 350 de GE, que cumple principalmente las siguientes funciones:

• Protección de fase de sobreintensidad direccional (50 / 51P).
• Protección de sobre corriente neutral direccional (50 / 51N).

Ilustración 40.- 1VF -Protección de la LT60KV y protección del Transformador principal T1-45MVA.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.5 Instalación de sistemas de comunicación.

Los sistemas de comunicación en las unidades de generación, se tiene en diferentes niveles:

- Comunicación con RS485, se realiza de los PLC a niveles inferiores con los equipos que se encuentran en los distintos tableros (equipos de protecciones, otros). En algunos casos se utiliza transductores como RS485/RS232.
- Comunicación a través de Ethernet, se realiza entre los PLC que se encuentran en los tableros principales, los servidores, sala de control, PC Scada e Ingeniería.
- Para los sistemas comunes que se encuentran a varios kilómetros se utiliza fibra óptica.

La instalación y cableado del sistema de comunicación, se realizó a través de bandejas que se encuentran distribuidas en la parte inferior del nivel de turbina y posteriormente suben por ductos a los centros de control.

Ilustración 41.- Tablero de llegada de fibra óptica.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.6 Aportes y experiencias adquiridas.

Dentro de los aportes y experiencias adquiridas se aportó en los siguientes frentes de trabajo.

- Montaje electromecánico, se instalaron principalmente: turbinas, generadores, grupos electrógenos, unidades hidráulicas, compuerta de descarga y otros equipos complementarios, con apoyo de maquinaria, grúa de casa de máquinas y especialistas en montaje electromecánico. Aportando en la elaboración de procedimientos de montaje y ejecución de los mismos. Como experiencia se aprendió a realizar maniobras con equipos mayores, montaje de los mismos y realización de pruebas iniciales.

Ilustración 42.- Transporte y montaje de unidad hidráulica.
Fuente: Elaboración propia.

- Montaje, cableado y conexionado de tableros eléctricos: se instalaron los distintos tableros mencionados anteriormente y se realizó conexionado entre los mismos. Es necesario conocer y saber leer los planos de ubicación, de conexionado entre tableros y conexionado interno de cada tablero. Se debe realizar un trabajo ordenado y aplicando las normas según se describen.

Ilustración 43.- Cableado de los tableros de 13.8 KV.
Fuente: Elaboración propia.

- Pruebas electromecánicas: verificación y pruebas de bombas, electroválvulas y unidad hidráulica en general, apertura y cierra de inyectores, deflector, válvula esférica, programación y configuración de tiempos para realizar las maniobras.

Ilustración 44.- Pruebas de apertura y cierre de inyectores.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 Diferencias entre CH. Chancay y CH. Rucuy.

Las diferencias entre las centrales hidroeléctricas CH. Chancay y CH. Rucuy, se tiene en las turbinas, el resto de equipamiento electromecánico es similar y de los mismos proveedores. A continuación, se describe principales diferencias:

Tabla 2.- comparativo entre CH. Chancay y CH. Rucuy.

N°	DESCRIPCIÓN			
1.00	Nombre de la Central Hidroeléctrica		CH Chancay	CH Rucuy
2.00	**Características Generales**	**UNIDAD**	**TP2-20VR/295/1196/**	**14H014**
2.01	Fabricante		turboinstitut	Andritz Hydro
2.02	Cantidad	Und.	2	2
2.03	Tipo (disposición de eje)		Horizontal	Horizontal
2.04	Número de inyectores	Und.	2	2
2.05	Diámetro del rodete	mm.	1130	1130
2.06	Número de álabes		20	20
2.07	Diametro de inyectores	mm.		133
2.08	Velocidad nominal	rpm	900	900
2.09	Velocidad de embalamiento	rpm	1500	1663
2.10	Potencia	kW	10.020	10,022
2.11	Caudal de diseño	m3/s	1.7	1.7
2.12	Altura Neta	m	666	666
2.13	Altura Bruta	m	6667	667
2.14	Eficiencia	%	5.88	5.88
2.15	Altitud de casa de máquinas	m.s.n.m	2002.5	2002.5
3.00	**Inyectores**			
3.01	Apertura	s	45 - 90	50
3.02	Cierre Normal	s	45 - 90	50
3.03	Cierre Rapido	s		50
4.00	**Deflectores**			
4.01	Apertura	s	10 - 15	20
4.02	Cierre Normal	s		20
4.03	Cierre Rapido	s	2 - 5	1.5
5.00	**Valvula**		**Valvula Esferica**	**Valvula Mariposa**
5.01	Apertura	s	80 - 120	120
5.02	Cierre Normal	s	80 - 120	120
5.03	Cierre Rapido	s		120
6.00	**Valvula By -Pass**			
6.01	Apertura	s	10 - 15	10
6.02	Cierre Normal	s	10 - 15	10
6.03	Cierre Rapido	s		10

Fuente: Elaboración propia.

-Válvula esférica de entrada, para la CH. Chancay, su operación se desarrolla a través de un panel de control, para la apertura y cierre de la MIV, se tienen circuitos hidráulicos, en cambio para CH. Rucuy, para la apertura se tiene un circuito hidráulico y para el cierre se utiliza contrapeso.

-Sistema hidráulico, para CH. Chancay se tiene un sistema complejo y con bastantes componentes que se encuentran en operación en los circuitos hidráulicos. Para CH. Rucuy, el principio de funcionamiento es simple y no es necesario gran cantidad de circuitos, la tecnología utilizada en su equipamiento es muy buena y confiable.

- La disponibilidad de ambas turbinas dependen directamente de la disposición de las unidades hidráulicas, obteniendo en CH. Rucuy mejores resultados.

Ilustración 45.-Diferencias entre CH. Rucuy y CH. Chancay.
Fuente: Elaboración propia.

3.4 Pruebas y Puesta en marcha de las CH. Chancay y CH. Rucuy

3.4.1 Protocolo de comisionamiento.

Al finalizar el montaje electromecánico de las CH. Chancay y Rucuy, se iniciaron las pruebas electromecánicas previo al ingreso de operación comercial, como parte de los protocolos de comisionamiento de la empresa INGOS. Durante este comisionamiento se realizó inspección de todos los equipos y su correcta operación.

Ilustración 46.- Pruebas de Cortocircuito en generador - Comisionamiento.
Fuente: Elaboración propia.

3.4.2 Pruebas de operación experimental.

A continuación, se describen las actividades experimentales que se realizaron antes de la puesta en marcha de las centrales hidroeléctricas:

A) Central Hidroeléctrica Chancay:

- El 20 de Julio a las 18:50 horas, sincroniza por primera vez la Unidad N°1 y empiezan las pruebas de puesta en marcha de la Unidad.
- El 22 de Julio a las 11:28 horas, sincroniza por primera vez la Unidad N°2 y empiezan las pruebas de puesta en marcha de la Unidad.

B) Central Hidroeléctrica Rucuy:

- El 27 de Julio a las 15:56 horas, sincroniza por primera vez la Unidad N°2 y empiezan las pruebas de puesta en marcha de la Unidad.
- El 01 de agosto a las 17:31 horas, sincroniza por primera vez la Unidad N°1 y empiezan las pruebas de puesta en marcha de la Unidad.

C) Cronograma de ejecución de actividades.

- Llenado de TF.
- Instalación equipos de prueba a la U1 de la CH. Chancay.
- U1 de CH. Chancay – primera rotación.
- U1 de la CH. Chancay - pruebas primarias de protecciones eléctricas en corto circuito.
- U1 de la CH. Chancay - pruebas primarias de protecciones eléctricas en vacío, con tensión.
- U1 de la CH. Chancay - pruebas primarias de protecciones eléctricas en vacío, con tensión.
- U1 de la CH. Chancay - primera sincronización.
- U1 de la CH. Chancay - operación en red, pruebas de protecciones eléctricas con carga.
- U1 de la CH. Chancay - operación en red, pruebas de mediciones eléctricas con carga.
- U1 de la CH. Chancay - operación en red.
- U1 de la CH. Chancay - pruebas de para de emergencia de diferentes cargas (2.5, 5.0, 7.5 y 10 MW).
- U1 de la CH. Chancay - pruebas de rechazo de carga desde diferentes cargas (2.5, 5.0, 7.5 y 10 MW).
- Pruebas de garantía en U1 de la CH. Chancay.
- U1 de CH. Chancay - operación en red con 10 MW.
- U1 de la CH. Chancay - pruebas primarias de protecciones eléctricas en corto circuito.

- U1 de la CH. Chancay - pruebas primarias de protecciones eléctricas en vacío, con tensión.
- U1 de CH. Chancay - operación en red con 10 MW.
- U1 de la CH. Chancay - operación en red, pruebas de protecciones eléctricas con carga.
- U1 de la CH. Chancay - operación en red, pruebas de mediciones eléctricas con carga.
- U1 de la CH. Chancay - operación en red.
- U1 de la CH. Chancay - pruebas de para de emergencia de diferentes cargas (2.5, 5.0, 7.5 y 10 MW).
- U1 de la CH. Chancay - pruebas de rechazo de carga desde diferentes cargas (2.5, 5.0, 7.5 y 10 MW).
- U1 de CH. Chancay - operación en red con 10 MW.
- Pruebas de diferentes modos de control automático.
- Unidades de CH. Chancay y de CH. Rucuy en operación en red.
- Operación en modo de control de nivel en cámara de carga, desde el nivel de proyecto.

3.4.3 Ajustes en equipos y sistema Scada.

Al finalizar el montaje y el comisionamiento, se realizaron ajustes en el sistema Scada, por pequeños inconvenientes que se tenían, esto a partir de los días en que estuvieron a prueba las unidades de generación. Se realizaron ajustes tales como:

- Modo de operación, se decidió por implementar en la programación un bloque de distribución de caudales en centro de control común, para poder distribuir el caudal según la curva de operación entre las centrales hidroeléctricas Chancay y Rucuy, operando en modo de control de nivel en cámara de carga.

- Los grupos electrógenos de cada central hidroeléctrica ingresaban cada vez que se tenía salida de las unidades en paralelo. Generando inestabilidad en el sistema, se decidió de que solamente debe ingresar un grupo electrógeno, priorizando uno de ellos, para dar prioridad a un grupo u otro se podía realizar en modo manual.

- Al tener la operación en modo de control por nivel en cámara de carga, esto generaba considerables variaciones en potencia y tensión de cada unidad de generación, teniendo problemas con el cumplimiento del PR21 dado por COES, en las caudales las variaciones no deben ser mayores a 1 MW.

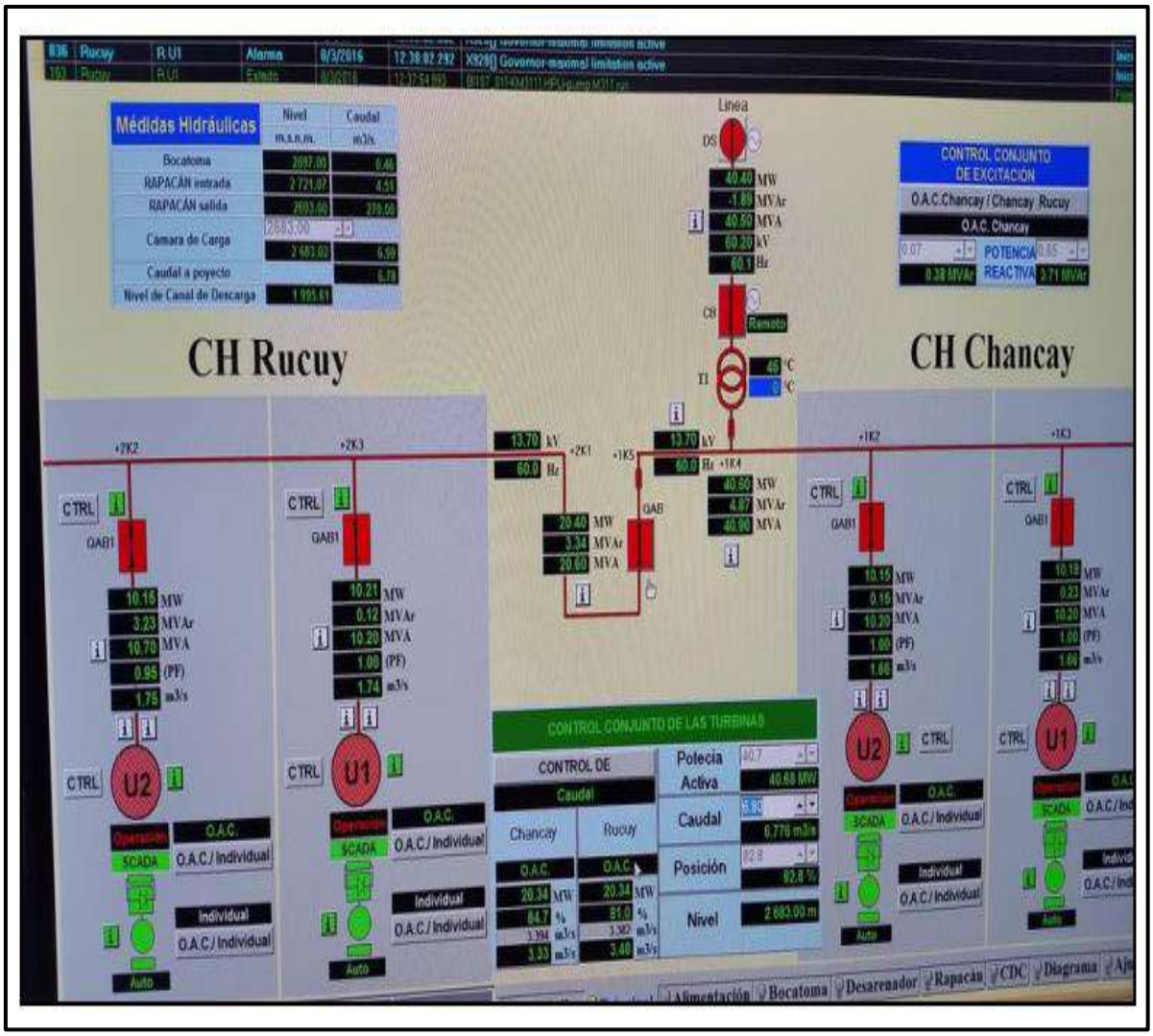

Ilustración 47.- Pantalla de sistema Scada - operación por nivel de CDC.
Fuente: Elaboración propia.

3.4.4 Ingreso a operación Comercial.

Las centrales hidroeléctricas CH. Chancay y CH. Rucuy, ingresaron a operación comercial las fechas 04/08/2016 y 09/08/2016 respectivamente, previo cumplimiento de documentación y calidad de servicio solicitados por las entidades de regulación de suministro y calidad de energía.

Osinergmin

CENTRAL HIDROELÉCTRICA RUCUY (20 MW)

DENOMINACIÓN	CENTRAL HIDROELÉCTRICA RUCUY	
EMPRESA CONCESIONARIA	EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA RÍO BAÑOS S.A.C.	
TECNOLOGÍA	Generación Hidráulica	
UBICACIÓN Departamento Provincia Distrito Altitud	 Lima Huaral Pacaraos 2 331 msnm	
DATOS TÉCNICOS DE CENTRAL Potencia Instalada Salto Caudal de diseño Número de Unidades de Generación Recurso hídrico Factor de Planta	 20 MW 667 m 3,4 m³/s 2 Turbinas Río Chancay 69%	
DATOS TÉCNICOS TURBINA Tipo de Turbina	Turbina G1 Pelton Horizontal	Turbina G2 Pelton Horizontal
DATOS TÉCNICOS GENERADOR Potencia Nominal Tensión de Generación Factor de Potencia	G1 11 MVA 13,8 kV 0,9	G2 11 MVA 13,8 kV 0,9
DATOS DE CONTRATO Tipo de contrato Firma de Contrato Puesta en Operación Comercial (POC)	 Contrato de Concesión N° 018-2014 25.08.2014 09.08.2016	

INFORMACIÓN RELEVANTE

- La central tiene una capacidad de 20 MW, aprovecha las aguas del río Chancay con un caudal de 3,4 m³/s.
- Con R.M. N° 197-2014-MEM/DM del 20.06.2014 el MINEM otorgó a favor de Empresa de Generación Eléctrica Río Baños S.A.C. la Concesión Definitiva de generación. Contrato de Concesión N° 018-2014.
- Mediante la R.D. N° 0107-2014-GRL-GRDE-DREM de fecha 30.06.2014, se aprobó la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) de la central hidroeléctrica.
- Las obras principales se iniciaron en enero del 2014.
- La casa de máquinas de la C.H. Rucuy es colindante con la casa de máquinas de la C.H. Chancay, propiedad de Sindelka. Ambas centrales comparten las mismas estructuras hidráulicas (bocatoma, desarenador, canales y túneles de conducción, cámara de carga y tubería de presión).
- El supervisor del proyecto fue la empresa Colpex S.A. y el ejecutor de las obras fue la empresa Energia Projects.
- Las obras se encuentran concluidas.
- El proyecto ha sido adjudicado en la reciente subasta RER (6ta subasta).
- Con carta COES/D/DP-630-2016 del 06.06.2016, el COES aprobó el Estudio de Operatividad de la CH Rucuy.
- Con carta COES/D/DP-796-2016 del 22.07.2016, el COES autorizó la Conexión para las pruebas de puesta en servicio de la CH Rucuy.
- Con carta COES/D/DP-839-2016 del 09.08.2016, el COES aprobó la Operación Comercial de la CH Rucuy, con una potencia efectiva de 20 MW, a partir de las 0000 horas del 09.08.2016.
- El monto de inversión aproximado fue de 43 MM US$.

ESQUEMA UNIFILAR DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN

Plano de Ubicación

Casa de Máquinas

Reservorio de Regulación Aquasan

Tubería Forzada

División de Supervisión de Electricidad
Supervisión de Inversión en Electricidad – Julio 2017

Ilustración 48.- Resolución de Osinergmin, por puesta en marcha de -CH. Rucuy.
Fuente: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos

3.4.5 Aportes y experiencias adquiridas.

Durante el comisionamiento, puesta en marcha e ingreso a operación comercial, se realizaron pruebas de todos los equipos individualmente y como sistemas (conjunto de equipos) en donde se realizaron ajustes tanto en la parte electromecánica como en el sistema Scada. Se realizaron pruebas de a las unidades de generación tales como cortocircuito, sobretensión, embalamiento y otros para poder ajustar las protecciones respectivas, durante estas pruebas se tuvo una buena experiencia para conocer las funciones de los distintos sistemas principales y secundarios que se tiene en las centrales hidroeléctricas.

Para el ingreso comercial fue necesario elaborar una serie de documentación solicitada por las entidades de fiscalización y además creación de procedimientos para el uso interno de las centrales hidroeléctricas.

Durante el montaje de las centrales hidroeléctricas, se vivió una de las más hermosas experiencias laborales, ya que permite intercambiar ideas, formas de trabajo, costumbres y demás con personas nacionales y extranjeras, que enriquecen los conocimientos obtenidos y se amplía el panorama laboral frente a algunas contingencias.

Ilustración 49.- Equipo de Montaje de las Centrales Hidroeléctricas.
Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones.

Montaje de equipamiento.

Durante las maniobras de equipamiento, se tiene un procedimiento teórico a ejecutar, en la gran parte de estos trabajos según las condiciones y recursos que se tengan durante la maniobra, previo análisis de riesgos. Es importante verificar el área y disposición del lugar previo inicio de maniobra, durante la maniobra se debe contar con el personal necesario además de materiales, herramientas y equipamiento adecuado.

Cableado y conexionado de tableros y equipos.

Durante el proceso de cableado y conexionado, se comparten trabajos con distintas empresas por conexiones en equipos especiales instalados por distintos proveedores, se necesita conocer la funcionalidad y configuraciones de los equipos, además de la lectura de planos. Para el desarrollo de los trabajos se debe considerar las normas dadas por entidades fiscalizadoras.

Pruebas y puesta en marcha.

Las pruebas individuales de los equipos y de los sistemas sirven para realizar los últimos ajustes, algunas veces para corregir errores en conexionado y/o mejoras. Se simulan todos los escenarios posibles descartando posibles desperfectos del equipamiento.

Se evalúan las eficiencias de los equipos y se realizan las comparaciones entre lo teórico y real en la puesta en marcha.

Operación comercial

Se necesita de una serie de documentación a presentar a la COES, OSINERGMIN, OEFA y otros organismos, para poder obtener el permiso de ingreso a operación comercial, evaluando la calidad de servicio que se brinda. Esta documentación es obtenida y entregada gracias a la generación de documentación y colaboración del equipo de trabajo.

Recomendaciones.

- En bocatoma, se tienen deficiencias con la captación de agua, se recomienda implementar una compuerta axial en vertedero principal, para evitar acumulación de solidos al ingreso de Bocatoma en periodo de avenida.

- La Coanda instalada sufre bastante abrasión, deteriorándose antes de lo previsto, es necesario como medida alternativa evaluar si es necesario utilizar este tipo de Coanda o cambiar por otra que no sea tan ajustada con la granulometría que pasa al ducto después de Coanda.

- Evaluar si es posible realizar cambios en la longitud de las naves, ya que no está cumpliendo su función al 100%, por tener poso recorrido del flujo donde permite sedimentar.

- Es necesario implementar un intercambiador de calor para la unidad hidráulica, ya que solo cuenta con uno, ocasionando en sus mantenimientos la parada de la unidad de generación.

Referencias Bibliográficas.

- Informes semanales – Documentación interna, proyecto Chancay.
- Ministerio de Energía y Minas. (2011). Código Nacional de Electricidad (Suministro 2011).
- Documentación y planos "As Built" de las centrales hidroeléctricas CH. Chancay y CH. Rucuy.
- Libro: "Centrales hidroeléctricas" – Autor: Reynaldo Villanueva Ure – UNI.
- Libro: "El Desarenador" – Autor: Francisco Coronado Del Aguila.
- Libro: "Diseño de una bocatoma" – Vitaliano Perez Pachari

Anexos

- Anexo 1.- Planos georreferenciados.
- Anexo 2.- Diagramas Unifilares.
- Anexo 3.- Planos As Built principales.
- Anexo 4.- Sistema de comunicación.

- **Anexo 1**

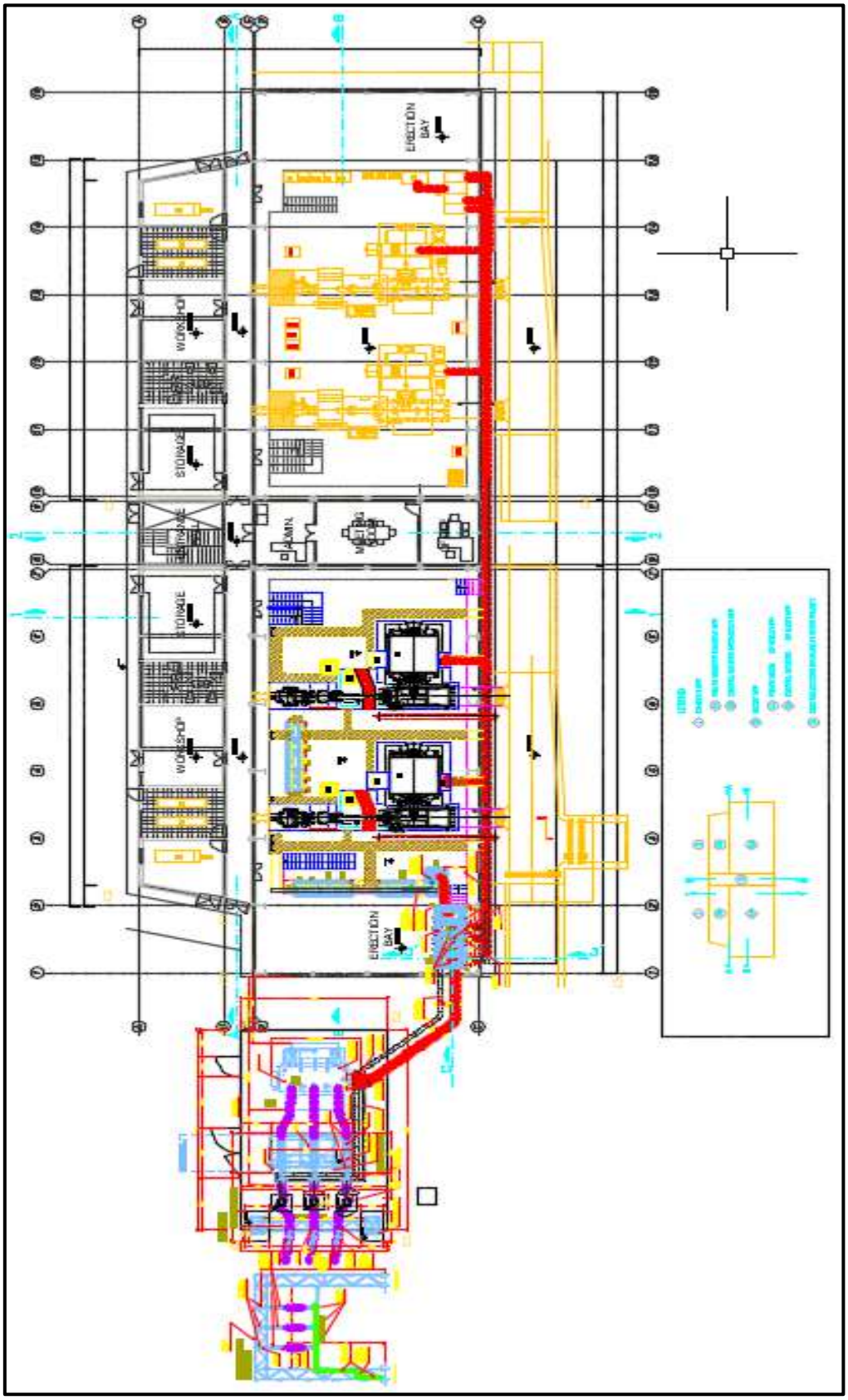

Ilustración 50. Plano georreferenciado, vista de planta - Centrales hidroeléctricas Chancay - Rucuy.
Fuente: Documentación Proyecto Chancay.

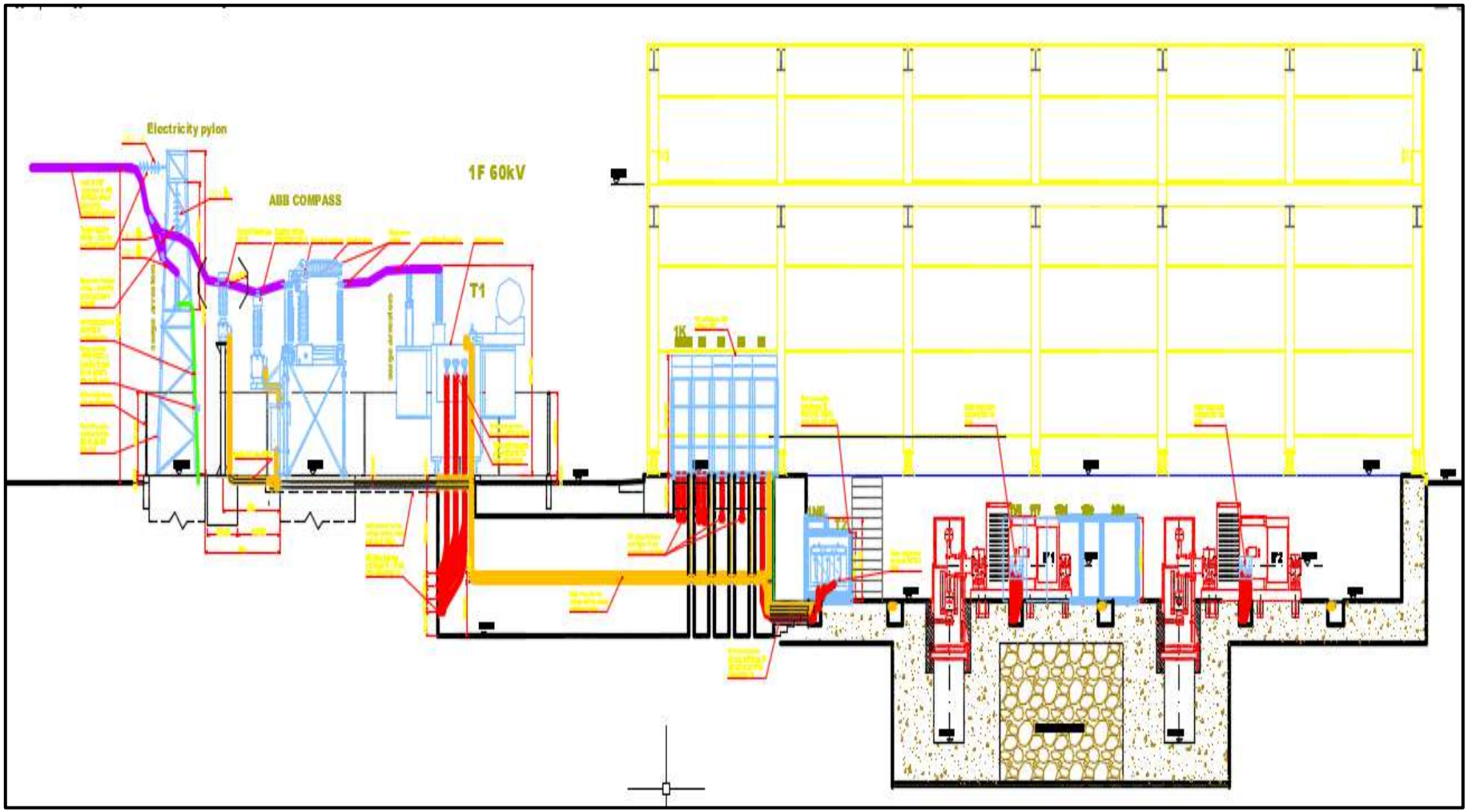

Ilustración 51. Plano georreferenciado, vista lateral - Centrales hidroeléctricas Chancay - Rucuy.
Fuente: Documentación Proyecto Chancay.

- **Anexo 2**

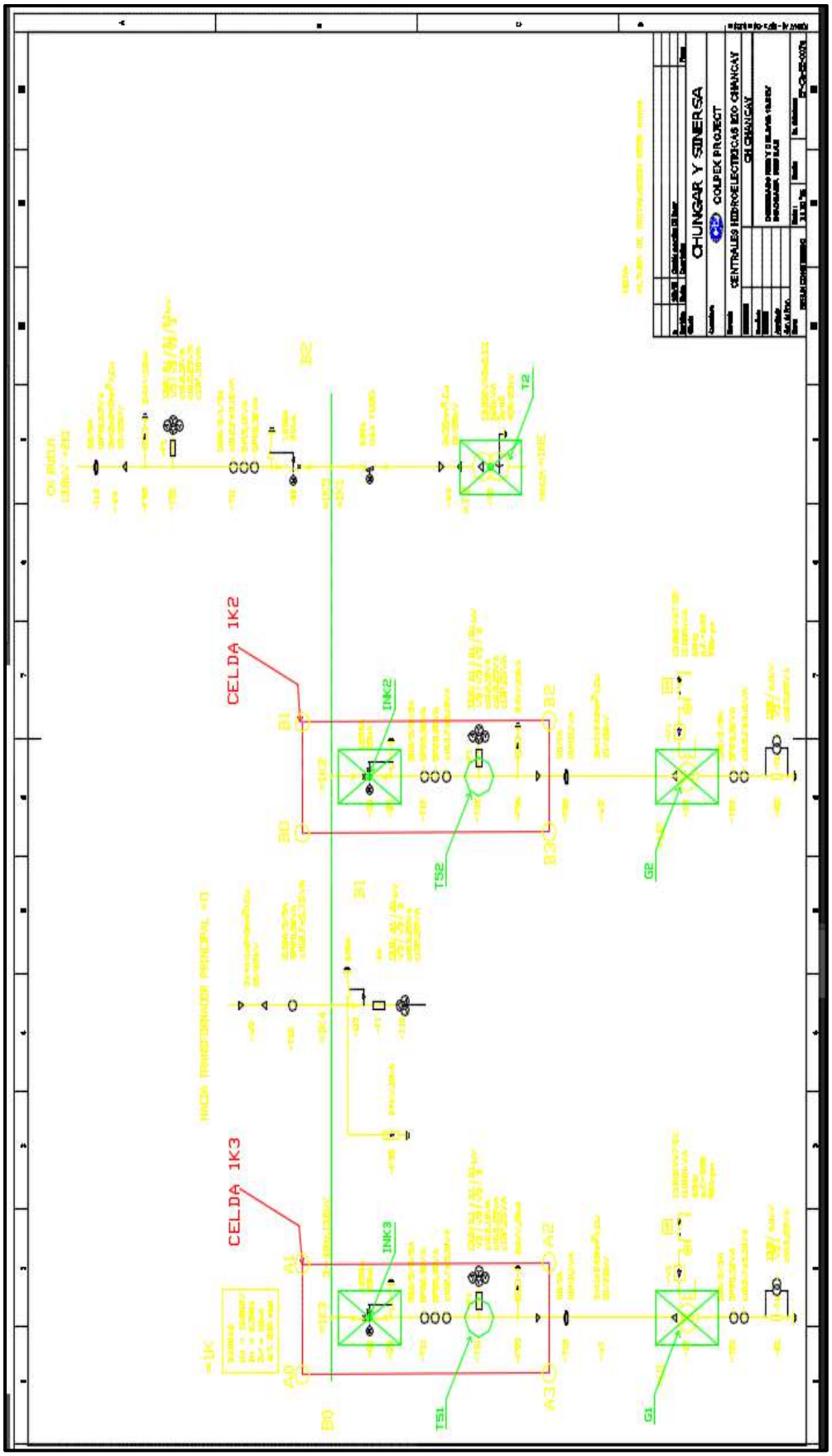

Ilustración 52. Diagrama unifilar de CH. Chancay.
Fuente: Documentación Proyecto Chancay.

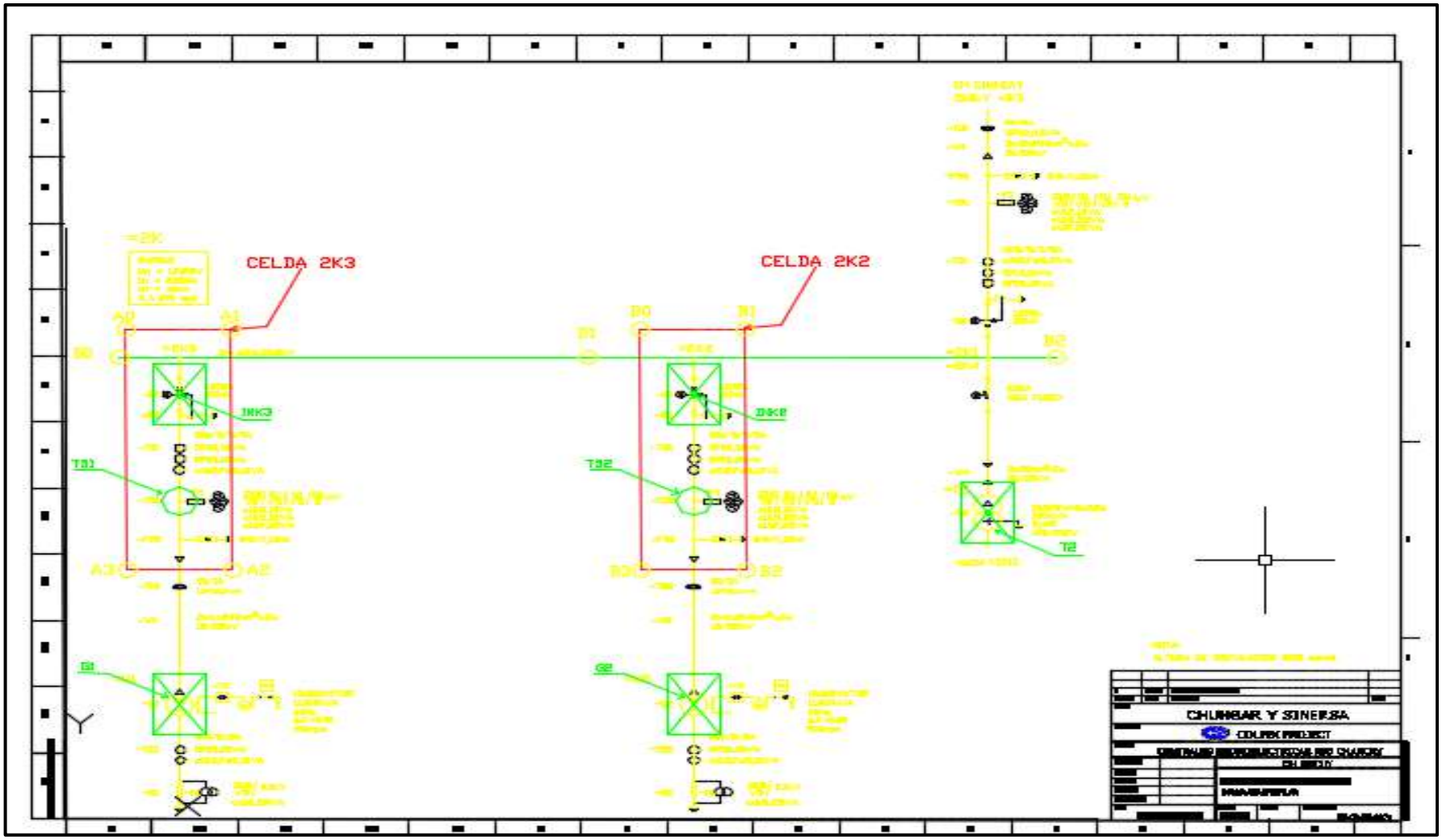

Ilustración 53. Diagrama unifilar de CH. Rucuy.
Fuente: Documentación Proyecto Chancay.

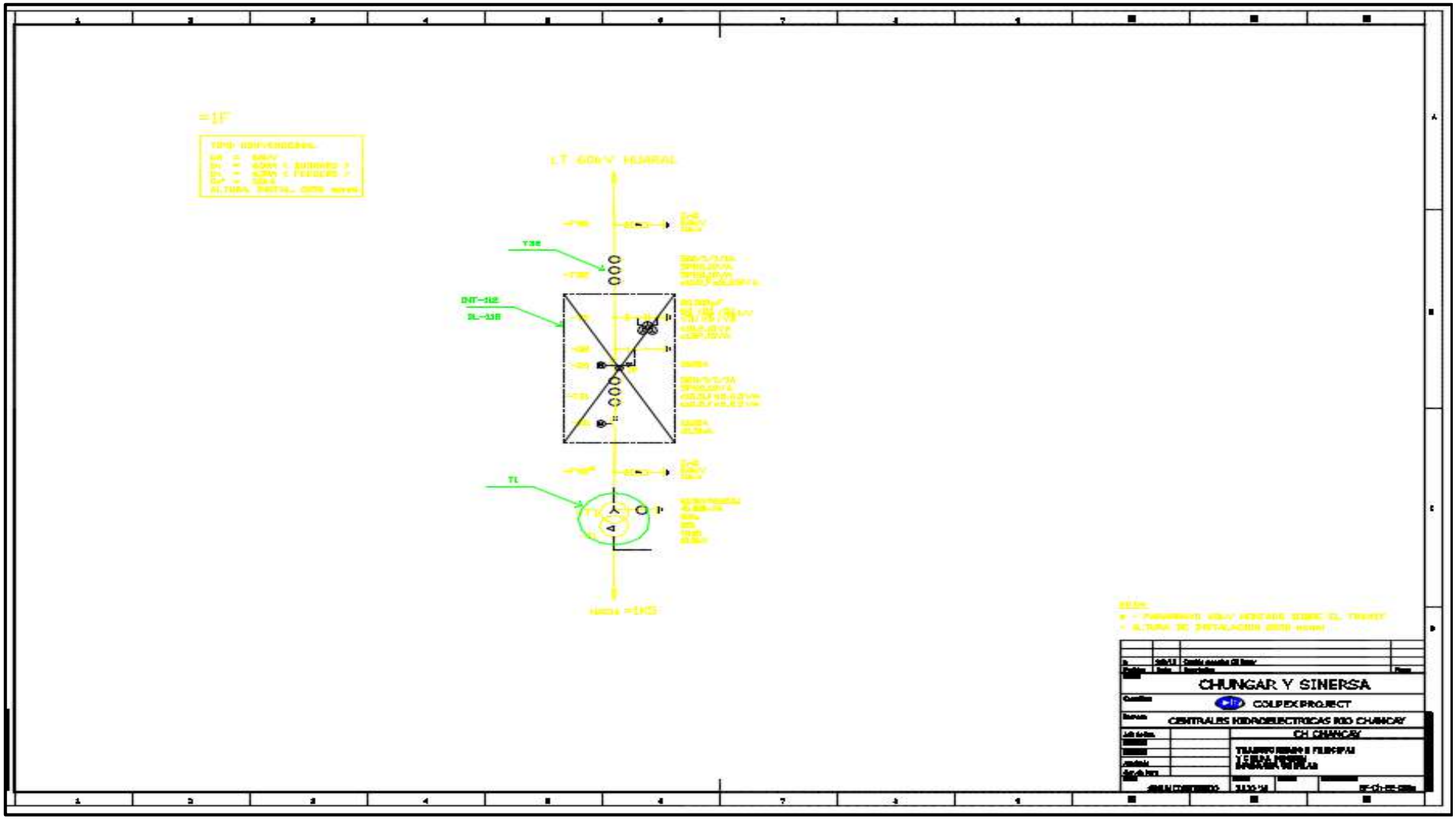

Ilustración 54. Diagrama unifilar de SE. Chancay.
Fuente: Documentación Proyecto Chancay.

- **Anexo 3**

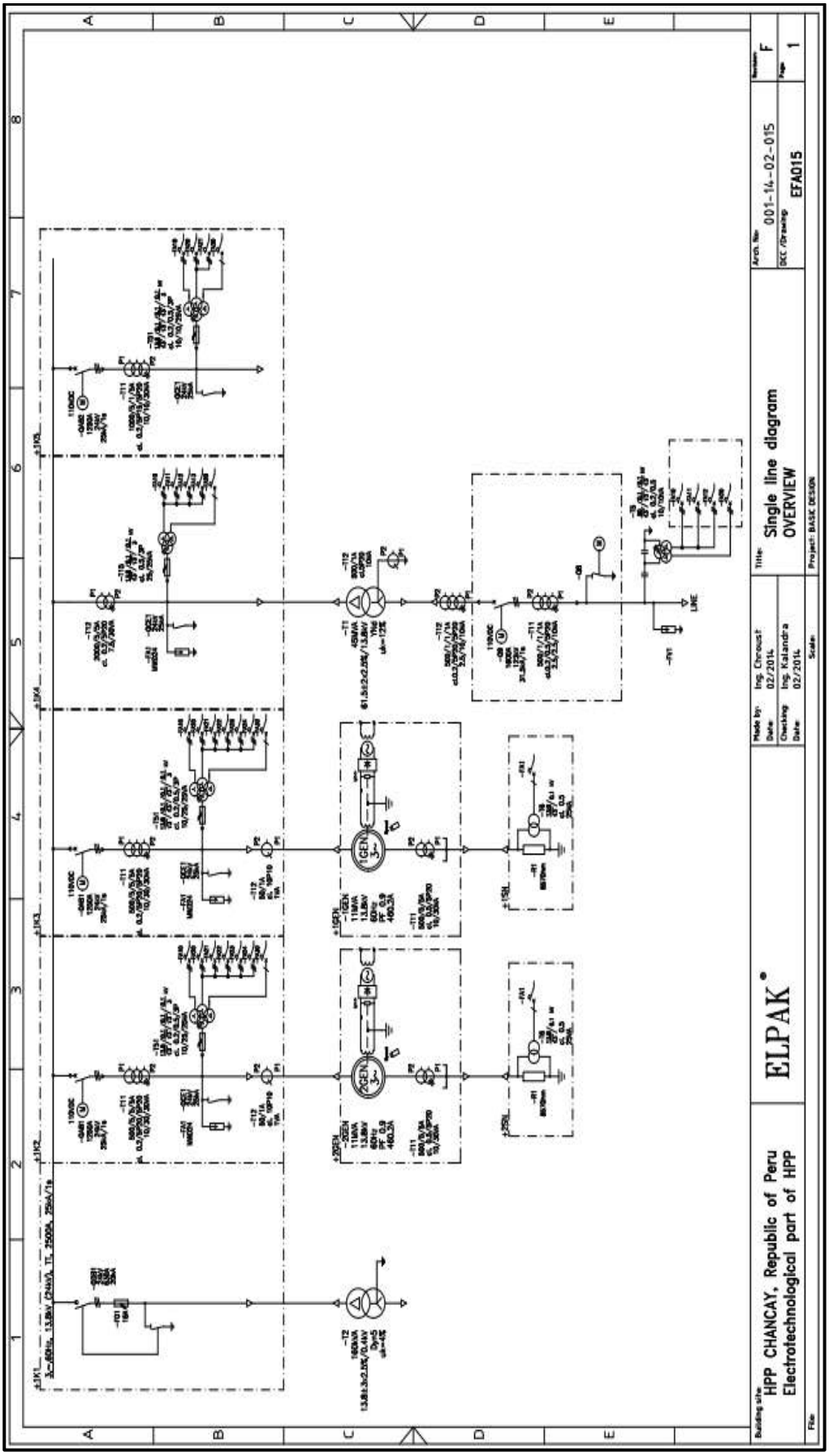

Ilustración 55. Diagrama de Línea - CH. Chancay.
Fuente: Documentación Proyecto Chancay.

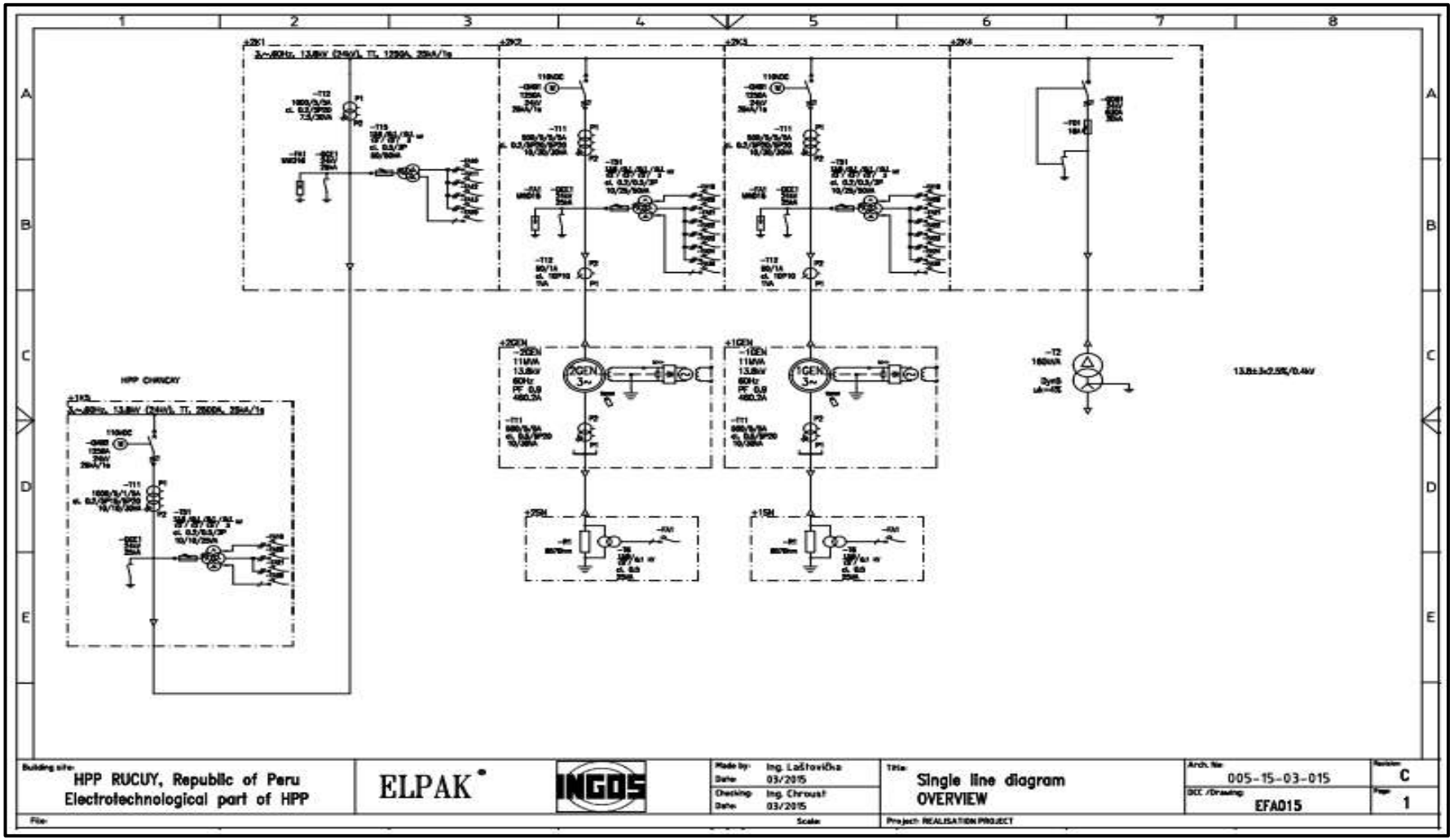

Ilustración 56. Diagrama unifilar de SE. Chancay.
Fuente: Documentación Proyecto Chancay.

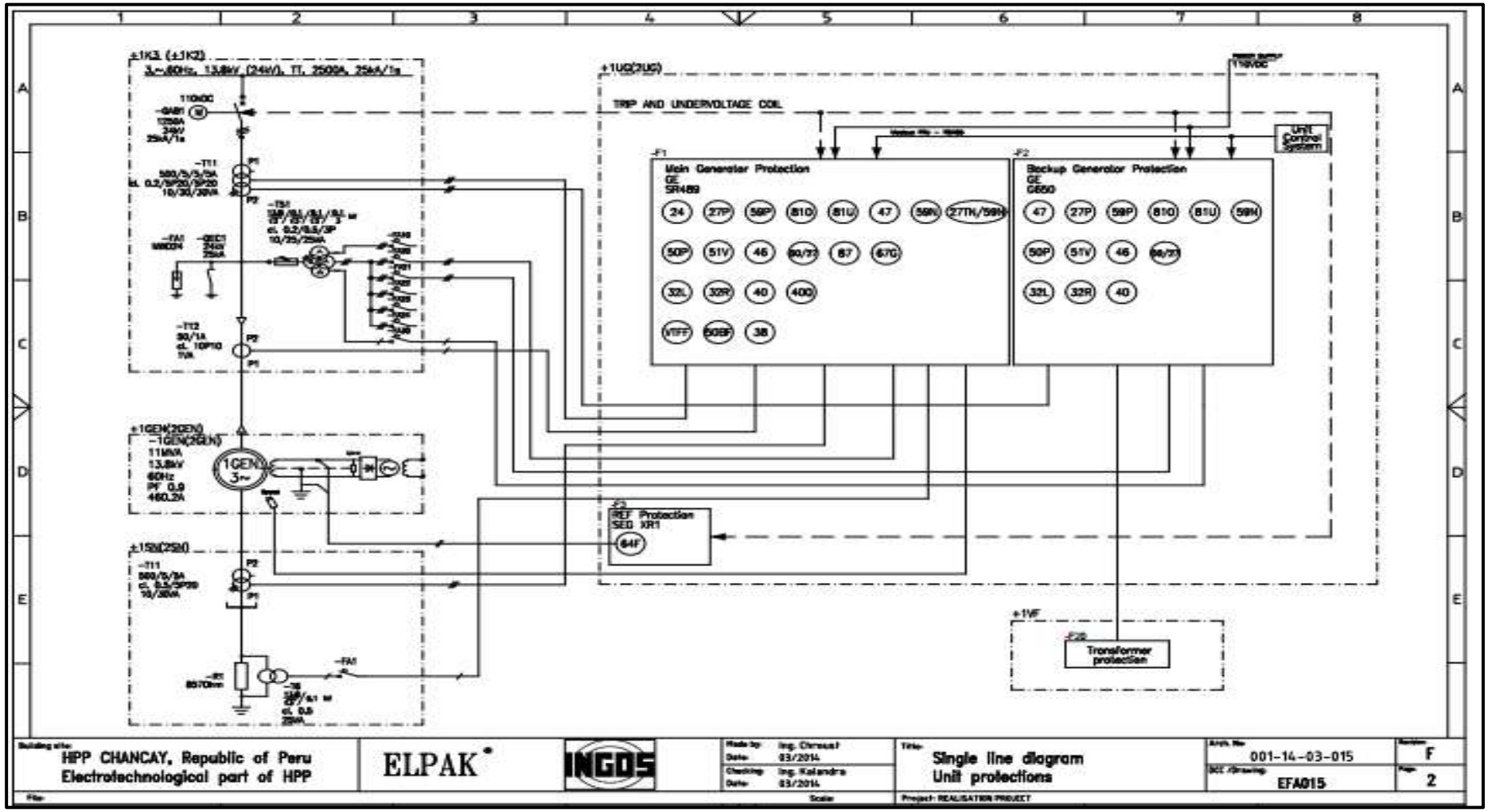

Ilustración 57. Diagrama de Línea - CH. Rucuy.
Fuente: Documentación Proyecto Chancay.

- **Anexo 4**

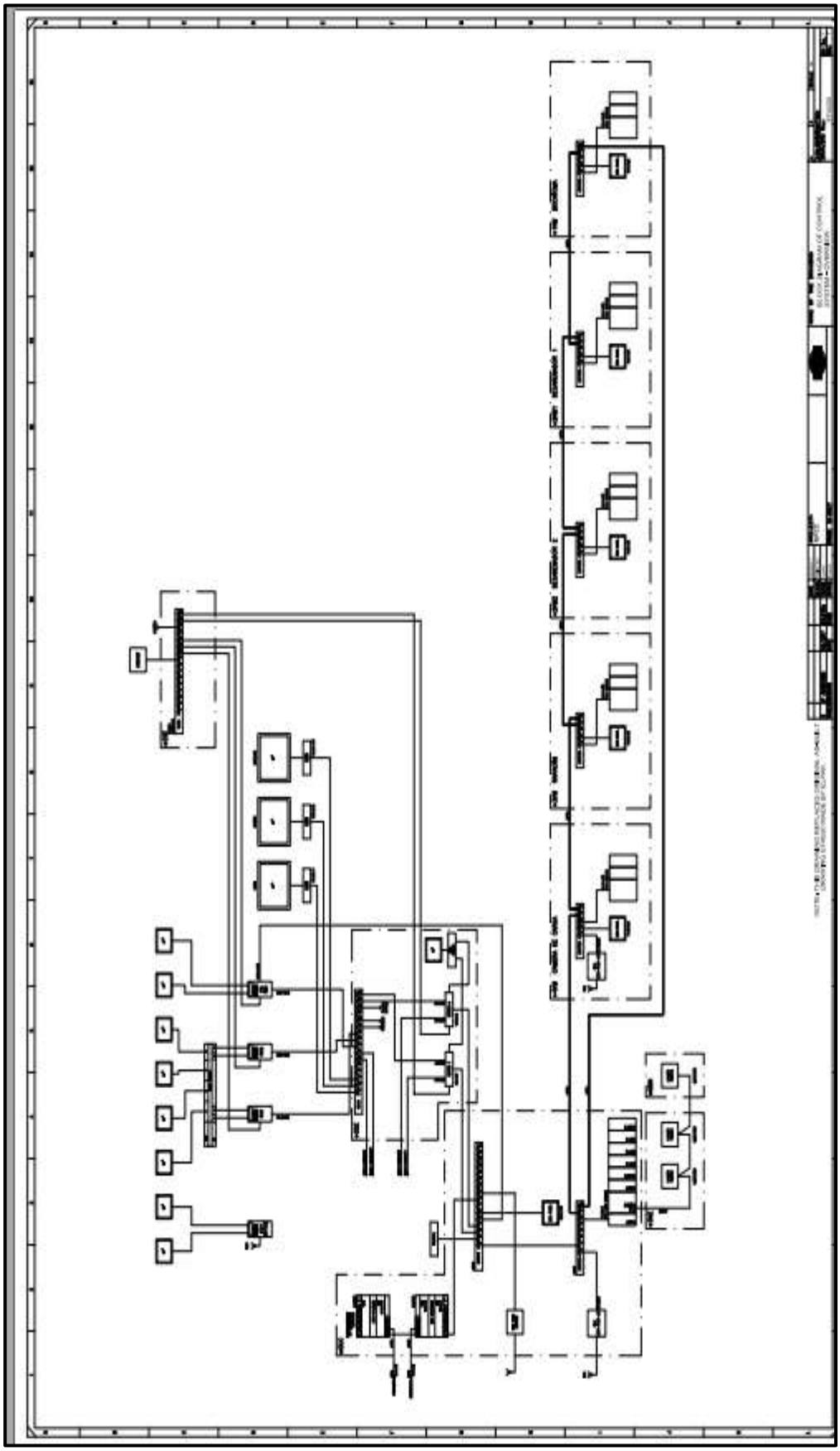

Ilustración 58. Principales protecciones - CH. Chancay.
Fuente: Documentación Proyecto Chancay.

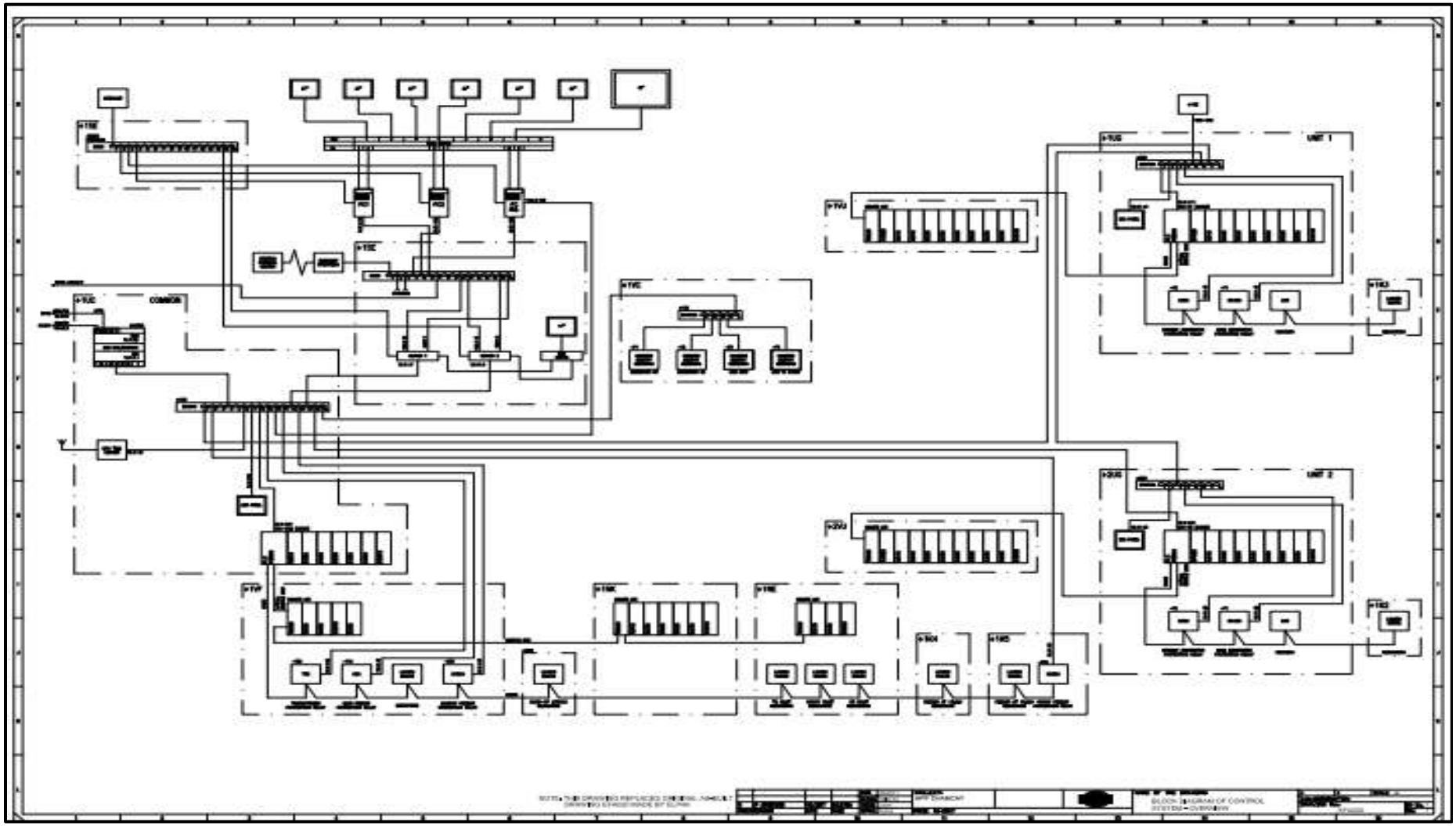

Ilustración 59. Diagrama de bloques - CH. Chancay.
Fuente: Documentación Proyecto Chancay

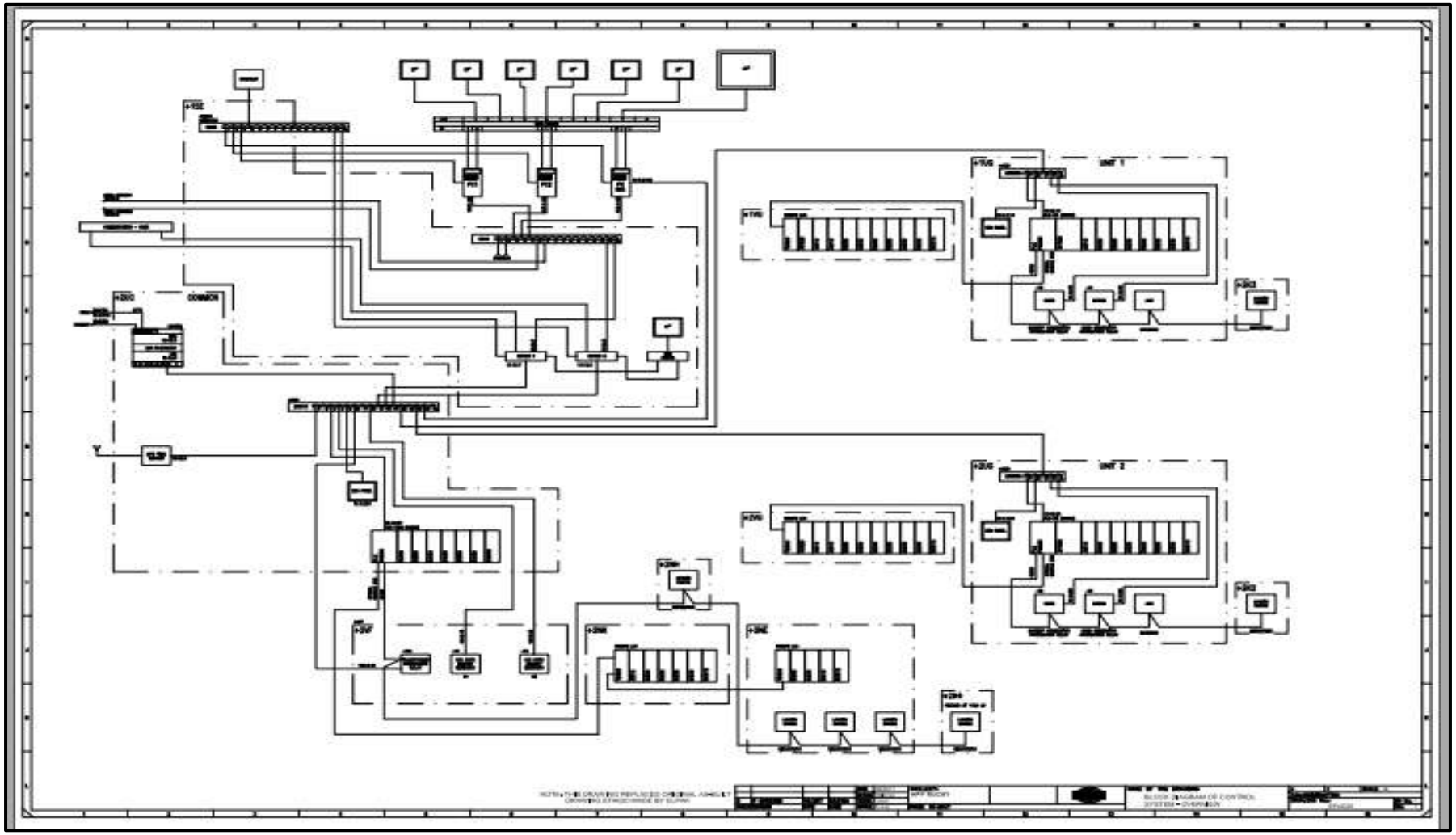

Ilustración 60. Diagrama de bloques - CH. Rucuy.
Fuente: Documentación Proyecto Chancay.