

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“MONTAJE ELECTROMECAÁNICO DE LA CENTRAL TÉRMICA
DE HUARANGO – CAJAMARCA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA
OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO**

PEDRO ALEJANDRO BARRUETO HORNA

Callao, 2021

PERÚ

ACTA N° 008-2021 DE EXPOSICIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA LA OBTENCIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO

LIBRO 001, FOLIO N° 300, ACTA N° 008-2021 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO

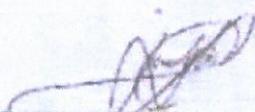
A los 07 día del mes octubre, del año 2021, siendo la 16:00 horas, se reunieron, en la sala <https://meet.google.com/dtt-igre-vza>, el **JURADO DE EXPOSICIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL** para la obtención del título profesional de Ingeniero Mecánico de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

Dr.	Juan Manuel Palomino Correa	: Presidente
Msc.	Gustavo Ordoñez Cárdenas	: Secretario
Ing.	Héctor Alberto Paz López	: Vocal
Dr.	José Hugo Tazen Campos	: Asesor

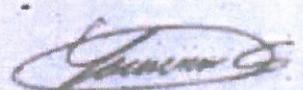
Se dio inicio al acto de exposición del Trabajo de Suficiencia Profesional del Bachiller, **BARRUETO HORNA, Pedro Alejandro**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico, expone el TSP titulado "**MONTAJE ELECTROMECAÁNICO DE LA CENTRAL TÉRMICA DE HUARANGO-CAJAMARCA**", cumpliendo con el acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044 2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N° 039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 086-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior Universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por Aprobado con la escala de calificación cualitativa de Bueno y calificación cuantitativa 15 (quince) la presente exposición, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018- CU del 30 de octubre del 2018.

Se dio por cerrada la Sesión a las 17.00 horas del 07 del mes de octubre y año en curso.



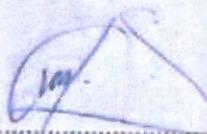
Dr. Juan Manuel Palomino Correa
Presidente



Msc. Gustavo Ordoñez Cárdenas
Secretario



Ing. Héctor Alberto Paz López
Vocal



Dr. José Hugo Tazen Campos
Asesor

DEDICATORIA

A mis padres Augusto Bernardo Barrueto Barco y Magdalena Horna de Barrueto (In memoria), mi querida esposa Carmen Elizabeth Brambilla de Barrueto, mis amados hijos Gustavo Alejandro, Diana Elizabeth, María Yolanda y Carmen Alejandra, a mis queridísimos nietos, por su amor, comprensión y cariño.

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao y a mi asesor Dr. José Hugo Tezén Campos, por los consejos y aportes para el inicio y realización de mi presente informe de experiencia laboral.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE TABLAS	5
I. ASPECTOS GENERALES	6
1.1. Objetivos.....	6
1.2. Organización de la empresa.....	6
II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL	7
2.1. Marco Teórico	7
2.1.2. Central Térmica	10
2.1.3. Funcionamiento de una central térmica.....	11
2.1.4. Tipos de centrales térmicas.....	12
2.2. Descripción de las actividades desarrolladas.....	15
a) Obras civiles	15
b) Equipamiento mecánico	15
c) Equipamiento eléctrico	15
d) Red de distribución secundaria 220 V	16
III. APORTES REALIZADOS	17
3.1. Especificaciones técnicas de obras civiles y montaje	17
3.1.1. Disposiciones generales.....	17
3.1.2. Actividades preliminares	17
3.1.3. Movimiento de tierras.....	18
3.1.4. Trabajos de concreto.....	19
3.1.5. Paredes de ladrillo	23
3.1.6. Revoques	23
3.1.7. Revestimiento de pisos.....	24
3.1.8. Carpintería metálica.....	25
3.1.9. Pintura	26
3.1.10. Instalaciones eléctricas	27
3.2. Especificaciones técnicas de equipamiento mecánico y montaje	29
3.2.1. Generalidades	29
3.2.2. Tuberías	31
3.2.3. Materiales y procedimientos.....	32

3.2.4.	Montaje de grupo electrógeno.....	33
3.2.5.	Equipamiento adicional.....	36
3.2.6.	Pruebas en el sitio	38
3.2.7.	Operación de un grupo electrógeno	39
3.3.	Especificaciones técnicas de equipamiento eléctrico y montaje..	40
3.3.1.	Suministros de equipos	40
3.3.2.	Especificaciones técnicas de montaje	43
3.4.	Red de distribución secundaria 220 V	46
3.4.1.	Memoria descriptiva	46
3.4.2.	Especificaciones técnicas de materiales	48
3.4.3.	Especificaciones técnicas de montaje electromecánico	55
3.4.4.	Cálculos justificativos	59
IV.	EVALUACIÓN TÉCNICO – ECONÓMICA	71
4.1.	Resumen presupuesto general.....	71
4.2.	Metrado y presupuesto	71
4.2.1.	Obra civil.....	71
4.2.2.	Instalaciones mecánicas.....	75
4.2.3.	Instalaciones eléctricas.....	76
4.2.4.	Red de distribución secundaria y conexiones domiciliarias...	77
V.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	78
VI.	RECOMENDACIONES.....	80
VII.	BIBLIOGRAFÍA	81
	ANEXOS	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Organigrama de la empresa	6
Figura 2: Altura de poste según Código Nacional de Electricidad	65
Figura 3: Subestación A, circuito 1	66
Figura 4: Subestación A, circuito2	68
Figura 5: Subestación A, circuito 3	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proporcionamiento del concreto	21
Tabla 2. Vaciado de concreto	22
Tabla 3. Superficies encofradas y acabados	22
Tabla 4. Características y especificaciones de cables utilizados.....	49
Tabla 5. Características y especificaciones de paredes metálicas.....	55
Tabla 6. Características y especificaciones de redes eléctricas.....	59
Tabla 7. Cálculo mecánico de conductores (S = 35 mm ²)	64
Tabla 8. De templado (flecha en metros, S =35 mm ²)	64
Tabla 9. Subestación A, circuito 1.....	67
Tabla 10. Subestación A, circuito 1.2.....	67
Tabla 11. Subestación A, circuito 2.....	68
Tabla 12. Subestación A, circuito 2.2.....	69
Tabla 13. Subestación A, circuito 3.....	70
Tabla 14. Subestación A, circuito 3.1.....	70
Tabla 15. Resumen de Presupuesto general.....	71
Tabla 16. Resumen de presupuesto de obras civiles	72
Tabla 17. Presupuesto general de instalaciones mecánicas	75
Tabla 18. Presupuesto general de instalaciones eléctricas.....	76
Tabla 19. Presupuesto general de Red de distribución secundaria y conexiones domiciliarias	77

I. ASPECTOS GENERALES

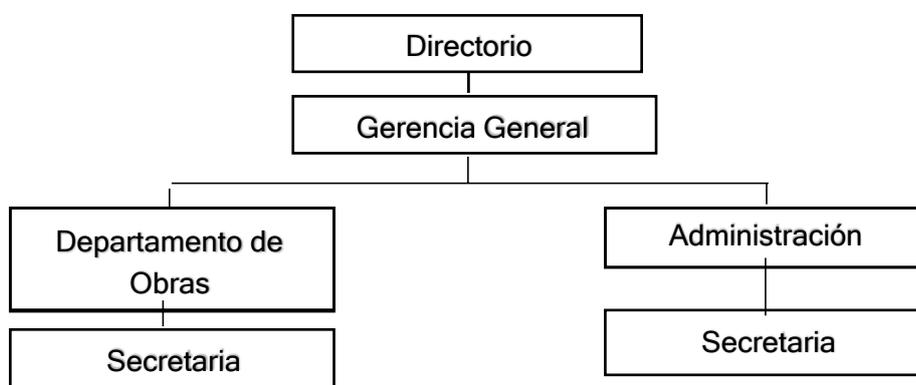
1.1. Objetivos

- Ejecutar la ingeniería de detalle de montaje e instalación electromecánica y obras civiles para la instalación del grupo electrógeno de 100 Kw. modelo DAT - 180, marca CKD.
- Elaborar la ingeniería de detalles del montaje de las estructuras, el recorrido de las redes de distribución secundaria en 220 V. y de 220 conexiones domiciliarias para la localidad de Huarango.
- Suministrar energía eléctrica en forma integral y confiable a través del montaje electromecánico de la central térmica de Huarango - Cajamarca.

1.2. Organización de la empresa

La empresa desarrolla diversas actividades como: Elaboración de proyectos civiles, elaboración de proyectos electromecánicos, ejecución de obras civiles, ejecución de obras electromecánicas, explotación de energía en general. A continuación se detalla el organigrama de la empresa.

Figura 1: Organigrama de la empresa



Fuente: Elaboración propia.

II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

2.1. Marco Teórico

El presente informe de suficiencia por servicios profesionales basado en un Montaje electromecánico de la Central térmica de Huarango - Cajamarca está basado en la generación de energía eléctrica a través de combustible, este es transformado por un grupo electrógeno de 100 kw.

El documento trata todos los aspectos relacionados en la consecución de una pequeña central térmica, el interés específico en el tema, se debe a la falta de electricidad en las zonas rurales de nuestro país. La estructura del informe presenta una metodología en ingeniería mecánica - eléctrica, basada en el seguimiento de la construcción y consecución de una obra civil como lo es la realización de una central térmica. Este seguimiento debe manejar todos los aspectos mecánicos (Normas para la fabricación y montaje, requisitos operativos de los equipos, pruebas, entre otros requerimientos). A continuación se desarrollará el marco teórico del informe.

2.1.1. Montaje electromecánico

A. Generalidades

Según MINEM (1994) nos especifica las técnicas de montaje electromecánico deben estar de acuerdo a las disposiciones del Código Nacional de Electricidad y los reglamentos y Normas de Construcción. El contratista ejecutará todos los trabajos necesarios para efectuar el montaje eléctrico de tal forma que entregue al propietario una instalación completa para entrar en servicio; este es el responsable de efectuar todos los trabajos que sean razonables necesarios para la construcción,

en conformidad con los planos del proyecto y las especificaciones, también se verá obligado a obtener y pagar todos los permisos, licencias y autorizaciones que sean necesarias para poder efectuar las obras conforme a las leyes y reglamentos. El ingeniero supervisor debe tener conocimiento absoluto de todas las discrepancias en la ejecución entre los planos y condiciones físicas de la zona del proyecto y su naturaleza del terreno, previa aprobación se harán las sugerencias para llegar a la realización del proyecto.

El contratista es el único responsable de la correcta ubicación, nivelación y colocación de equipos y materiales al final del montaje.

B. Transporte y manipuleo de equipo eléctrico

El contratista transportará y manipulará todos los equipos eléctricos con el mayor cuidado, Los materiales serán transportados hasta los frentes de trabajo sin arrastrarlos ni rodarlos por el suelo. Las pérdidas, roturas y/o deterioros de materiales, que puedan ocurrir durante el transporte, serán reemplazados por cuenta del contratista.

C. Instalación

Las instalaciones previstas son del tipo exterior a intemperie y se encuentran destinados a:

- Estructuras de concreto, destinados a recepcionar los equipos y materiales correspondientes al montaje electromecánico.
- Bloques de protección, destinados a proteger el o los postes de concreto contra acción de terceros.

La instalación de las estructuras se ceñirá a las especificaciones indicadas en los planos correspondientes y a las indicaciones del inspector del Ministerio de Energía y Minas.

Los trabajos a ejecutarse comprenderán:

- Apertura de huecos para postes y bloques de protección.
- Colocación y cimentación de postes y bloques.
- Colocación y fijación de plataforma, crucetas y palomillas.

D. Finalidad y alcance

Todos los trabajos de montaje electromecánico que es necesario efectuar en la subestación iniciándose en una obra civil básica (instalación de estructura y pozos de tierra) esto deberá ser entregado por el contratista con todas las instalaciones en condiciones de ser puesto en servicio. Todas las especificaciones se encuentran supervisadas por el ingeniero residente de la obra.

Los equipos de transformación serán montados en sus respectivas lozas, tratando que queden seguros y con los bornes de media tensión hacia la calle. Esto se tiene que conectar el conductor de puesta a tierra y los conductores de alimentación en alta o baja tensión. Los tableros de distribución serán adosados en los postes de concreto respectivos, tal como se indican en los planos y adicionalmente se verificará el funcionamiento de las hojas de las puertas y de la chapa triangular. Todos los trabajos de otra parte, deberán evidenciar buena calidad de ejecución y de acabado, en correspondencia a la naturaleza y categoría técnica de la instalación (p. 55 - 57).

2.1.2. Central Térmica

Una central térmica es una instalación que produce energía eléctrica a partir de la combustión de carbón, fuel-oil o gas en una caldera diseñada al efecto. El funcionamiento de todas las centrales térmicas, o termoeléctricas, es semejante.

El combustible se almacena en parques o depósitos adyacentes, desde donde se suministra a la central, pasando a la caldera, en la que se provoca la combustión. Esta última genera el vapor a partir del agua que circula por una extensa red de tubos que tapizan las paredes de la caldera. El vapor hace girar los álabes de la turbina, cuyo eje rotor gira solidariamente con el de un generador que produce la energía eléctrica; esta energía se transporta mediante líneas de alta tensión a los centros de consumo. Por su parte, el vapor es enfriado en un condensador y convertido otra vez en agua, que vuelve a los tubos de la caldera, comenzando un nuevo ciclo.

El agua en circulación que refrigera el condensador expulsa el calor extraído a la atmósfera a través de las torres de refrigeración, grandes estructuras que identifican estas centrales; parte del calor extraído pasa a un río próximo o al mar.

Las torres de refrigeración son enormes cilindros contraídos a media altura (hiperboloides), que emiten de forma constante vapor de agua, no contaminante, a la atmósfera. Para minimizar los efectos contaminantes de la combustión sobre el entorno, la central dispone de una chimenea de gran altura (llegan a los 300 m) y de unos precipitadores que retienen las cenizas

y otros volátiles de la combustión. Las cenizas se recuperan para su aprovechamiento en procesos de metalurgia y en el campo de la construcción, donde se mezclan con el cemento.

2.1.3. Funcionamiento de una central térmica

Fernández y Robles (2010) explican que el objeto de las centrales térmicas es aprovechar la energía calorífica de un combustible para transformarla en electricidad. Esta transformación sigue el siguiente proceso: a) La energía contenida en el combustible se transforma, por combustión en energía calorífica; b) La energía calorífica que absorbe el fluido de trabajo se convierte al expandirse en la turbina o motor en energía mecánica; c) La energía mecánica es transformada en energía eléctrica a través del generador eléctrico. El ciclo Rankine es el ciclo termodinámico que se emplea en las centrales térmicas de vapor.

Por ser el ciclo Rankine el ciclo fundamental que siguen las turbinas de vapor, ha sido mejorado a lo largo del tiempo a través de: Disminuir la presión en el condensador; aumentar la presión en la caldera; emplear vapor sobrecalentado; emplear recalentador intermedio; precalentar el agua de alimentación; emplear ciclos binarios.

La temperatura máxima que puede adquirir el vapor sobrecalentado está normalmente limitada por los materiales empleados en la zona de sobrecalentamiento de la caldera. Actualmente la temperatura máxima es del orden de los 540°C. La presión máxima es del orden de los 150 bar y está limitada por problemas de diseño mecánico de la turbina y por la humedad admisible a la salida de la misma (10%). La presión mínima es

función de la temperatura del condensador y su magnitud suele estar situada en el intervalo de 0,03 bar a 0,14 bar, lo que corresponde a una temperatura del condensador de 26°C y 52°C respectivamente. Otras fuentes de calor para la generación de electricidad diferentes al carbón o gas natural, son una gran variedad de materiales de biomasa y de subproductos de procesos industriales, como la turba, la madera y sus desechos, la paja, los posos del café, las cáscaras de cereales, los desechos de las minas de carbón, el calor residual de factorías siderúrgicas, las energías geotérmica y solar, así como los procesos de generación de vapor asociados a los de recuperación de subproductos en determinados procesos, como la fabricación de pasta de papel, los residuos sólidos urbanos y la destrucción de residuos sanitarios peligrosos(p.3 y 4).

2.1.4. Tipos de centrales térmicas

Fernández y Robles (2010) señalan tres tipos de centrales térmicas explicadas a continuación.

A. Circuito de combustible

El combustible se quema en el hogar, constituido por un recinto cerrado por paredes de mampostería, en las que, generalmente, se encuentran los canales de circulación del aire necesario para la combustión. Después de calentar la caldera donde, tiene lugar la vaporización del agua, los gases residuales de la combustión o humos pasan a un conducto para ser eliminados al exterior. Como estos gases aún están calientes, puede aprovecharse la energía térmica en ellos contenida

para el circuito primario de uno o varios recalentadores de vapor y para el circuito primario de uno o más economizadores del agua de alimentación de la caldera. Desde aquí los gases pasan a la chimenea de tiro natural o de tiro forzado, por donde salen al exterior.

B. Circuito de agua-vapor

La vaporización del agua se realiza en la caldera que es, un depósito de agua que se calienta hasta que el agua se convierte en vapor. Como el vapor, a la salida de la caldera, contiene todavía partículas líquidas, se le convierte en vapor recalentado haciéndole pasar por el circuito secundario de uno o más recalentadores primarios, situados en la trayectoria de los gases de combustión. Desde la caldera (o desde los recalentadores si los hubiere) el vapor a presión y a alta temperatura, se conduce hasta la turbina o hasta la máquina de vapor, donde se expansiona produciendo energía mecánica. En las turbinas modernas se realizan extracciones de vapor, conduciéndolo de nuevo hacia los recalentadores secundarios de la caldera donde el vapor sufre nuevos recalentamientos para ser posteriormente introducido en los siguientes cuerpos de las turbinas o en otras turbinas independientes. En las turbinas también se realizan extracciones de vapor que se conducen a los circuitos primarios de los precalentadores del agua de alimentación, para calentar ésta. Como una central térmica de vapor tiene tanto mejor rendimiento cuanto más frío esté el vapor de escape, a la salida de la turbina, el vapor se hace pasar por un condensador que no es más que un dispositivo de refrigeración donde el vapor se condensa y se

transforma nuevamente en agua; la condensación se realiza introduciendo agua fría a presión en el condensador, a la que se obliga a circular por unos serpentines de refrigeración. El agua resultante de la condensación, y procedente de la turbina se impulsa hacia la caldera por medio de bombas de alimentación. Para aumentar el rendimiento térmico del conjunto, es conveniente que el agua de alimentación entre en la caldera ya caliente, para lo que se hace pasar previamente por los circuitos secundarios de uno o más precalentadores, calentados por las extracciones de vapor de las turbinas, y por uno o más economizadores, calentados por los gases de escape antes de su salida a la atmósfera por la chimenea.

C. Circuito de energía eléctrica

La energía eléctrica es producida en los generadores eléctricos, accionados por las máquinas o por las turbinas de vapor. En casi todas las centrales térmicas modernas se produce corriente alterna trifásica. Desde los generadores la corriente eléctrica se lleva a transformadores apropiados, donde se eleva la tensión de la energía producida. Los transformadores pueden alojarse en locales especiales o, en el mismo pabellón de distribución que, por lo general, está completamente separado de la sala de máquinas; esta separación viene impuesta, la mayoría de las veces, por la exigencia de que en este pabellón debe haber suficiente luz natural y de que los aparatos, transformadores, etc... puedan inspeccionarse fácilmente y montarse y desmontarse cuando sea necesario: también debe haber espacio suficiente para poder

instalar las canalizaciones. Las centrales térmicas de vapor necesitan, generalmente, un consumo bastante elevado de energía; lo más conveniente es tomar esta energía de un pabellón de distribución especial ya que, casi siempre, la tensión para las necesidades propias de la central es distinta a la tensión de distribución (p.6 y 7).

2.2. Descripción de las actividades desarrolladas

Los alcances de la obra comprenden los siguientes aspectos:

a) Obras civiles

Se ejecutó lo siguiente

- Casa de máquina
- Base para grupo electrógeno de 100 Kw
- Base para tanque diario
- Base para tanque de almacenamiento de petróleo
- Canaletas, ductos

b) Equipamiento mecánico

- Montaje de 01 grupo Diesel 100 Kw., CKD, DAT 180
- Instalación del sistema de gases de escape
- Instalación del sistema de combustible, incluyendo tanque diario
- Construcción e instalación del tanque de almacenamiento de combustible.

c) Equipamiento eléctrico

- Montaje del generador trifásico
- Instalación del tablero de control, medición y mando del grupo

- Instalación de cables de alta y baja tensión de salida
- Instalación del sistema de puesta a tierra
- Montaje de una barbotante, incluyendo instalación del transformador (sin conexión a la red) y tablero de distribución.

d) Red de distribución secundaria 220 V

- Instalación de estructuras de concreto de 8m.
- Instalación de retenidas, puesta a tierra y ferretería
- Tendido de conductor del tipo AMKA -T (de 3x50+35 mm² con cálculos de caída de tensión que exceden el 5% de la tensión nominal debido a que no se consideró red primaria en el presupuesto base) y conexasiónado al tablero de distribución.
- Conexiones domiciliarias

III. APORTES REALIZADOS

3.1. Especificaciones técnicas de obras civiles y montaje

3.1.1. Disposiciones generales

A. Generalidades

Las presentes especificaciones técnicas norman y definen los procedimientos ejecutivos de programación construcción, fiscalización y medición que deben ser aceptados y aplicados por el contratista, estas se complementan con las normas y requerimientos del reglamento nacional de construcción, Norma ACI y ASTM.

B. Materiales

Los materiales empleados en la construcción de la obra han sido nuevos, de primera calidad y de acuerdo con las especificaciones establecidas.

3.1.2. Actividades preliminares

A. Trabajos preliminares

Comprendió la ejecución de todas aquellas labores previas y necesarias para el inicio de las obras.

En primer lugar se efectuó una limpieza total del terreno; comprendió la eliminación tanto de los cultivos recientes, así como de los cultivos anteriores y de material orgánico que se encontró en el área de trabajo.

Durante la ejecución de la obra el contratista fue responsable del transporte del personal, equipo, materiales, herramientas y todo lo necesario para la ejecución de la obra.

Por otro lado, se efectuó el replanteo de los planos en el terreno fijado, los ejes de referencia y las estacas de nivelación.

3.1.3. Movimiento de tierras

A. Generalidades

Se efectuaron todos los trabajos de movimiento de tierras, nivelación y excavación para la cimentación de las diferentes estructuras, ductos, buzones; así como los rellenos en el área indicada.

B. Trabajos de nivelación

Se efectuaron los cortes y rellenos necesarios para obtener la rasante indicada en los planos.

C. Excavación para cimentación de estructuras

Se efectuaron las excavaciones para bases, columnas, canaletas, loza de grupo electrógeno y tanque de combustible, del sistema de puesta a tierra, de acuerdo a las dimensiones indicadas en los planos de replanteo de la obra.

D. Rellenos compactados

Se efectuaron todos los rellenos necesarios para terminar las obras incluidas en el proyecto. El relleno fue del tipo SM (clasificación unificada de suelos), i.e: para el relleno propio y transportado se mezcló con cemento en la proporción 1:15 y para la capa de subrasante en la proporción 1:12.

Se efectuaron los siguientes rellenos:

- Relleno a los costados de las cimentaciones (zapatas, cimientos corridos).

- Relleno alrededor de ductos y estructuras después de la construcción hasta el nivel de explanación.

3.1.4. Trabajos de concreto

A. Disposiciones generales

Los trabajos realizados se han ceñido al reglamento nacional de construcciones.

B. Alcances

De acuerdo a las especificaciones indicadas en los planos de replanteo, el contratista:

- Suministró todos los materiales y equipos.
- Construyó, montó, desmanteló los encofrados y andamios.
- Suministró y colocó los materiales para las juntas de dilatación, contracción, control y de construcción.
- Suministró y colocó las armaduras de acero, las espigas para trabas y las barras o ganchos de anclaje.
- Proporcionó todos los medios necesarios para mantener el control del vaciado del concreto.

C. Composición

El concreto fue de cemento Portland, agua, agregado fino y grueso.

D. Cemento

El cemento que se empleó en la ejecución de la obra fue del tipo Portland tipo I, el cual es adecuado para terreno de cultivo. Se almacenó en depósitos secos a prueba de agua.

E. Agua

El agua empleada fue potable, limpia y libre de elementos perjudiciales tales como aceite, ácidos, álcalis, materiales orgánicos que puedan afectar al concreto o al acero.

F. Agregados

El agregado fino y el agregado grueso se han obtenido del lecho del río Chichipe, los cuales son utilizados para todas las construcciones de material noble del lugar. Para la selección del grano se confeccionaron mallas similares al standard ASMT de designación C -136.

La arena para la mezcla del concreto y para su uso como mortero fue limpia, de origen natural con un tamaño máximo de partículas de 3 1/16 “.

El agregado grueso para la mezcla de concreto fue de grava natural limpia, de 3/16” tamaño normal, según normas ASTM C - 131, ASTM C - 127, con un porcentaje mínimo por peso retenido en las mallas del 70% de 3/8”.

G. Proporcionamiento del concreto

Se preparó la mezcla de concreto para cumplir con los requisitos de resistencia, durabilidad, impermeabilidad y buenas condiciones de toda la obra de concreto autorizada.

El concreto terminado tiene las siguientes características:

- El concreto se dosificó en base a la resistencia nominal a la compresión en Kg/cm² a los 28 días.
- Antes del vaciado del concreto, los encofrados y el acero fueron inspeccionados y aprobados por el ingeniero supervisor en cuanto a la posición, estabilidad y limpieza.

- El concreto fue vaciado en un ritmo tal, como todo el concreto de la misma tanda, depositado sobre concreto plástico que no haya tomado su fragua inicial aún.
- El concreto se colocó en forma continua hasta la terminación del vaciado, compactándose en forma normal. Las juntas de construcción se hicieron únicamente donde se indican los planos.
- El curado del concreto se hizo con agua durante siete días.

Tabla 1. Proporcionamiento del concreto

TIP O	Fc(Kg/c m³)	Tamaño Max.	Empleo
A	100	2 ½ “	Cimientos corridos y sobrecimientos
B	140	2 ½ “	Para soldados, rellenos de excavación
C	175	1 ½ “	Para buzones y canaletas
D	210	1 ½ “	Base de grupo, vigas y losas donde existe un espaciamiento de 4 “o más entre varillas.

Fuente: Elaboración propia

H. Encofrado y desencofrado

Se suministró todos los materiales, herramientas, equipos, mano de obra y dirección técnica necesaria para la fabricación, transporte, encofrado y desencofrado para todas las estructuras indicadas en los planos. Los encofrados se diseñaron y construyeron de manera tal que permitieron soportar todos los esfuerzos impuestos, asimismo se aseguró que la superficie cumpla las tolerancias de las especificaciones ACI 347 “Práctica recomendada para encofrados de concreto”.

El desencofrado se efectuó de acuerdo a la siguiente tabla y a partir de la fecha de vaciado:

Tabla 2. Vaciado de concreto

Partes	Días
Muros	1 día
Columnas	4 días
Encofrados laterales de base	2 días
Encofrado de fondo de losas	12 días
Encofrado de fondo de vigas y viguetas	18 días

Fuente: Elaboración propia

Las superficies encofradas tuvieron los siguientes acabados:

Tabla 3. Superficies encofradas y acabados

Tipo de acabado	Superficies encofradas
Acabado tipo F1	Superficies cubiertas con relleno encofradas con madera bruta.
Acabado tipo F2	Superficies expuestas y visibles encofradas con madera cepillada.

Fuente: Elaboración propia

Para los trabajos de encofrado y desencofrado, se construyeron previamente andamios con la suficiente resistencia contra golpes y acciones similares.

I. Acero de refuerzo

Se detallaron, suministraron, cortaron, doblaron y colocaron todas las armaduras de acero, incluyendo varillas, mallas de alambre soldadas, espigas para trabas y barras o gancho de anclaje. Todas las armaduras libres de escamas oxidadas, aceite, grasa, mortero endurecido, etcétera.

Las armaduras de acero fueron de acero corrugado, acorde con la Norma A 615 de la ASTM. El límite de resistencia a la fluencia del acero es de 4200 Kg/cm³.

Las armaduras de acero se doblaron en campo; se colocó todo el acero de refuerzo exactamente en las posiciones mostradas en los planos.

La longitud de los empalmes para el refuerzo se sujetó a lo especificado en el “Reglamento de Construcción de ACI para el concreto reforzado” (ACI - 71).

3.1.5. Paredes de ladrillo

A. Material

Para la construcción de los muros se utilizaron ladrillos de arcilla cocida para paredes revocadas, de resistencia promedio a la compresión de 220 Kg/cm³.

B. Construcción

Las paredes se han levantado aparejando los ladrillos en forma de soga, con juntas de asiento de 1.5 cm y juntas de tope de 1.0 cm.

C. Mortero

Para el mortero se utilizó arena limpia mezclándola con cemento en la proporción de 0.20 kg. De cemento por Kg.de arena.

3.1.6. Revoques

A. Generalidades

Los revoques se aplicaron como protección de paredes exteriores e interiores y pisos contra la humedad.

B. Material

Los revoques se prepararon con cemento Portland, cal hidratada al 92 % de la cal en polvo, arena y agua.

C. Construcción

Se ejecutaron en dos capas:

- La primera capa de mortero cubrió completamente la superficie, no dejando hueco alguno, todas las juntas de la mampostería bien rellenas y cubiertas.
- La segunda capa fue de acabado, emparejando todas las asperezas y desniveles.

D. Mezclas

- Revoques de paredes exteriores visibles

Primera capa: Capa de fondo, pañeteada de 700 Kg de cemento para 1 m³ de mortero, arena 0 - 4/6 mm; aditivos SIKA 1.

Segunda capa: Capa de acabado, espesor 10 mm, 350 Kg de cal hidratada + 80 Kg de cemento para 1 m³ de mortero, arena 0 - 2/4 mm.

- Revoques de paredes interiores

Primera capa: Capa de fondo, pañeteada de 200 Kg de cal hidratada, 500 Kg cemento para 1 m³ de mortero, arena 2 - 4 mm.

3.1.7. Revestimiento de pisos

A. Material y colocación

Los pisos de cemento, consistieron en una capa de mortero de 2 cm de espesor, vaciados directamente sobre la base de apoyo oportunamente limpiada y mojada, con materiales de las siguientes partes:

- Cemento : 1 parte
- Cal hidratada : 0.25 partes
- Arena seca : 3 partes

El mortero de la capa se compactó, alisó y niveló perfectamente según la pendiente mostrada en los planos.

3.1.8. Carpintería metálica

A. Generalidades

La carpintería metálica se refiere a la confección de puertas y ventanas. Los planos de replanteo indican las formas, secciones de todos los elementos empleados.

B. Puertas

Conforme con lo indicado en los planos de replanteo, se ha considerado un modelo de puerta con dos hojas de 1.25 m de ancho por 3.50 m, de altura, con bastidor de fierro angular de 1"x1" y cubiertos con planchas de acero laminado de 3/16 " de espesor, cada hoja se articuló a un tubo de fierro de 3" mediante cuatro bisagras de 3"x3". El tubo se articuló a la pared mediante pines de fierro angular de 1"x1"x5" de longitud y en número de cuatro y soldándose en el bastidor mediante puntos de soldadura.

El empotramiento de cada bastidor al piso tiene una longitud de 0.2 m. Se confeccionaron dos picaportes de fierro de 10" y 30" de longitud para la fijación de una de las hojas y el acoplamiento de una chapa marca Forte de dos golpes para el cierre y seguridad de la central.

C. Ventanas

Para la confección de las ventanas, se empleó fierro angular de 1"x1"x3/16", cubriéndolas con mallas de 1"x1" con alambre de 1/16". Las dimensiones se indican en los planos de replanteo según la indicada.

D. Colocación

Al colocar las puertas, se puso especial cuidado para que los marcos y las hojas sean ajustadas al mismo tiempo, comprobándose la horizontalidad de los umbrales y la verticalidad de los largueros; el mismo criterio se adoptó para la colocación de las ventanas.

3.1.9. Pintura

A. Generalidades

Esta especificación está relacionado con la obra civil, excluyéndose las pinturas para maquinarias y equipos electromecánicos.

B. Aplicación de las pinturas

Las superficies a pintar se limpiaron de la manera siguiente:

- Concreto y revoques: Se limpiaron cuidadosamente todas las superficies por pintar, quitándoles el polvo, granos de arena, etcétera.
- Hierro: Se desoxidó completamente todas las superficies metálicas.

C. Pintura de base

Se utilizó pintura de base para paredes interiores y exteriores del tipo látex sintético color blanco que permita tapar toda porosidad y resistente a la alcalinidad. Pintura anticorrosiva epóxica se aplicó a la carpintería metálica del tipo B3.

D. Acabados

Se utilizaron los siguientes tipos de pinturas de acabados, según la designación indicada:

- Oleomate : A1
- Esmalte sintético : A2

E. Trabajos de pintura

Los trabajos de pintura se efectuaron según las combinaciones que se indican a continuación:

- Lavable en muros, casa de máquinas y exteriores : B1 + 2A1
- En carpintería metálica : B3 + 2A4

3.1.10. Instalaciones eléctricas

A. Materiales

Se emplearon tuberías de PVC, clase liviana, de peso específico de 144 Kg/dm³, de 35 Kv/mm de tensión de perforación y de 85°C de temperatura de ablandamiento; así mismo se emplearon accesorios de PVC, tales como curvas, uniones tubo a tubo y conexiones a cajas, pegamento.

B. Caja de fierro galvanizado

Para los sistemas de alumbrado y tomacorrientes, del tipo rectangular de 100 x 100 x 40 mm.

C. Conductores

Son de cobre electrolítico con una conductibilidad de 99.9% IACS, tensión de operación de 600V, temple blando, con aislamiento PVC y temperatura de trabajo hasta 60°C resistente a la humedad.

Se utilizó conectores de tensión de aislamiento de 1 KV, con resorte cónico de acero, resistente a ácidos y cinta auto adhesiva de plástico.

D. Interruptores

Bipolares, del tipo para instalación expuesta, 200V, 60 Hz, 20A, para cargas inductivas hasta su máximo voltaje y amperaje; colocados en cajas rectangulares de 100 x 100 x 40 mm.

E. Tomacorriente

Son simples, de 25ª, 220V, colocados a 0.35m por encima del nivel de piso terminado, según se detallan en los planos de replanteo.

F. Tablero de distribución eléctrico

Del tipo empotrado, metálico, con interruptor termomagnético automático que contiene:

- Gabinete metálico
- Interruptor termomagnético automático, 220V, 60 Hz, 3 x 30A.

El gabinete metálico está formado por una caja de fierro de 1.5 mm de espesor, de dimensiones 40 x 20 x 30 cm, con huecos ciegos en los cuatro costados diámetro de 1", por donde ingresan los conductores de los circuitos de la central.

El marco y la puerta del mismo material que la caja y de 2mm de espesor.

El acabado es con dos capas de pintura anticorrosiva y dos de esmalte de gris martillado.

G. Artefacto de alumbrado

Se instalaron seis fluorescentes, debido a su gran rendimiento lumínico y consta de los siguientes componentes:

- Lámpara: De 40W, 220V, 60 Hz, tipo T - 12.
- Reactor: De encendido rápido 40W, f.p = 0.9, 220V, 60 Hz.
- Arrancador: Para lámpara 40W, 220V, 60 Hz.
- Difusor: De plástico acrílico, de superficie lisa.
- Portalámpara: Para fluorescente de 40W.
- Carcasa: De plancha de acero 1/32" de espesor, tratamiento fosfatizado y esmaltado al horno en color blanco.
- Conductor: Tipo TW, 600V, de 2 x 2.5 mm².

H. Instalaciones

Se instalaron conductores del tipo TW, 600V, de 4 y 2.5 mm². Para los circuitos de los tomacorrientes, se instalaron conductores de 2 x 4 mm².

Los alambrados de los sistemas eléctricos han sido ejecutados de conformidad con los planos de replanteo de instalaciones eléctricas.

Los electroductos que albergan los conductores son del tipo PVC, clase pesado, de 3/4". Para unir la tubería de PVC - SAP de 3/4" a las cajas se usaron los accesorios llamadas chupones o unión a caja, más unión simple.

3.2. Especificaciones técnicas de equipamiento mecánico y montaje

3.2.1. Generalidades

Se refiere al montaje del equipo mecánico para la nueva central térmica de Huarango.

A. Equipo mecánico

El equipo mecánico comprende los siguientes aspectos:

- Equipo principal suministrado por el Ministerio de Energía y Minas:

Un grupo electrógeno de 100Kw. con motor Diesel CKD, 4 tiempos de inyección directa, vertical, 6 cilindros en línea, 900 rpm, gobernador mecánico, bomba de aceite lubricante, bomba centrífuga de agua, filtro de aceite y de combustible, radiador, todos instalados sobre el motor y sobre la base común de acero y accesorios que acompañan el suministro como silenciador de escape, amortiguador de dilatación de la tubería de escape, tuberías de 5/8" para la instalación del tanque diario, tubería de escape de 4".

- Equipo adicional a los grupos CKD DAT - 120, suministrado por el Ministerio de Energía y Minas:

02 tanques diarios de 325 litros

01 depósito de aceite de 65 litros

04 baterías de 12 V.

B. Alcance del trabajo

El alcance para la central térmica de Huarango incluye el montaje y pruebas del equipo principal y adicional correspondiente al grupo de 100 Kw.

C. Planos y documentos

El trabajo está descrito en términos generales en la memoria descriptiva.

Los planos son los de replanteo involucrados en el presente expediente.

D. Normas y códigos

Todos los materiales y procedimientos cumplen con los requisitos y las últimas revisiones de las siguientes normas y códigos donde son aplicables:

- ASME : American Society of Mechanical Engineers
- ASTM : American Society for Testing and Material
- NEMA : National Electric Manufacturers Association
- CNE : Código Nacional de Electricidad (Perú)

E. Condiciones de servicio

En la selección de materiales y sus acabados se consideró las consideraciones ambientales bajo las cuales la central térmica operará. Los materiales y los acabados usados han sido aprobados por la supervisión.

3.2.2. Tuberías

A. Generalidades

El sistema de tuberías cuenta con partes prefabricadas por soldadura, con suficientes uniones de tubería para facilitar el montaje o desmontaje futuro para la reparación. Todos los pasadores, pernos, tornillos, tuercas, arandelas, empaques, soportes necesarios para el montaje de campo de los sistemas han sido instalados por el contratista.

B. Colgadores y soportes

Se instalaron todos los colgadores de tuberías, braquetas y soportes requeridos, para el apoyo de la tubería incluyendo el perforado para los anclajes de expansión y cualquier trabajo necesario para la colocación de tales anclajes insertados en el concreto.

Todas las tuberías han sido fijadas, montadas y apoyadas de tal manera que se minimizaron los esfuerzos en estas y accesorios.

C. Instalación y procedimientos

Las tuberías se instalaron en ubicaciones, niveles y líneas mostrados en los planos. Todas las líneas colocadas con una pendiente que permita el drenaje por el punto más bajo y ventilación por el punto más alto.

Todas las superficies de la tubería en contacto con el concreto fueron limpiadas previamente a la colocación del concreto con la finalidad de asegurar una adherencia satisfactoria.

3.2.3. Materiales y procedimientos

A. Generalidades

Todos los materiales instalados cumplen con la Norma ANSI y/o ASTM. Estos materiales no presentan defectos, todas las juntas tienen superficies maquinadas para un buen asentamiento de las tuercas. Las tuberías, bridas y accesorios están conformes con las Normas ANSI.

B. Acabado de superficies

Se aplicó pintura bajo las condiciones de humedad así como de temperaturas de la superficie y del aire ambiental, que posibiliten evaporación y no condensación. Las superficies estaban completamente secas. Sólo no se pintaron las superficies en contacto con concreto, las superficies y extremos soldados en el campo, las superficies de contacto

en conexiones designadas para pernos de alta resistencia y los materiales de aislamiento y barras conductoras eléctricas.

3.2.4. Montaje de grupo electrógeno

A. Generalidades

Para el montaje del Grupo Diesel y los sistemas auxiliares, se utilizó personal técnico calificado con experiencia en trabajos similares, cuya capacidad garantizó un funcionamiento perfecto de la nueva central térmica de Huarango.

El grupo electrógeno, los sistemas auxiliares y los equipos adicionales estuvieron almacenados en la obra en forma tal que se previno los efectos dañinos que la atmósfera de la zona pudo provocar.

Se previeron todos los equipos, materiales, accesorios, herramientas, etcétera para dejar instalado en su totalidad y en perfectas condiciones de operación el grupo Diesel con sus sistemas auxiliares.

Todos los equipos comprendidos en la nueva central térmica bajo las presentes especificaciones se instalaron completamente con sus accesorios de acuerdo a los planos de replanteo.

B. Grupo electrógeno Diesel CKD

Características básicas del grupo electrógeno

- Potencia nominal : 180/140 KVA
- Tensión nominal : 234/133 V
- Frecuencia : 60 Hz
- Revoluciones nominales : 900 rpm

- Dimensiones del grupo

Largo : 3.93 m

Ancho : 1.20 m

Altura : 1.91 m

- Peso del grupo (motor, alternador
y el bloque de refrigeración) : 4,485 Kg
- Serie N° 32940515

Componentes standard del grupo

- Motor Diesel marca CKD, modelo DAT - 180
Estacionario, vertical, de seis cilindros dispuestos en línea, de cuatro tiempos, con inyección directa de combustible, arranque eléctrico, enfriamiento por agua.

Las características técnicas del motor son:

Tipo	: 6S160 PN
Potencial nominal	: 164,8 KVA
Revoluciones nominales	: 900 rpm
Carrera del pistón	: 225 mm

- Accesorios standard del motor:

Montados sobre el mismo motor sobre la base común de acero:

Turbocargador

Gobernador mecánico

Bomba de aceite lubricante de engranajes accionada desde el cigüeñal.

Bomba transportadora del combustible accionada desde el cigüeñal.

Filtro de aceite

Silenciador de escape

Amortiguador ondulado de dilatación de escape.

Un juego normal de repuestos del motor Diesel y turbo soplador para 2000 horas de operación.

Un juego de herramientas y de utensilios básicos para mantenimiento y reparación del motor.

- Base común de acero

Para el motor y alternador, dotado de ocho eliminadores de vibraciones tipo patín, que en conjunto facilitan una rápida y relativamente muy sencilla instalación sobre una placa de hormigón.

- Tablero de generador

Del tipo armario y conteniendo todos los aparatos necesarios para el control, medición, regulación, protección y señalización del grupo electrógeno como a continuación se indica:

01 interruptor electromagnético

01 amperímetro con conmutador

01 voltímetro de c.a con conmutador de fase

01 frecuencímetro

01 horómetro

01 indicador de factor de potencia 01 medidor de velocidad

Medición, indicación y señalización de los valores de trabajo del motor

Diesel como temperatura del agua y del aceite en la salida del motor.

Todo el procedimiento de instalación del grupo electrógeno en bloque se ha ceñido a las instrucciones del montaje del fabricante. Se tuvo especial atención en la colocación de los pernos de anclaje en la base de cimentación, la colocación de los amortiguadores de vibración y el alineamiento del eje del grupo motor diesel – generador.

Una vez instalado el grupo, se efectuaron las conexiones mecánicas, tales como la tubería de combustible, tubería de aceite. Asimismo se efectuaron las conexiones eléctricas de cables de potencia y control.

Se instaló también el sistema de combustible desde la tubería de alimentación como está indicador en el plano respectivo. La tubería de descarga, tanque diario, debidamente soportado en una parte superior de la casa de máquinas, la tubería y accesorio de conexión al mismo grupo Diesel.

3.2.5. Equipamiento adicional

A. Generalidades

Con la finalidad de poder instalar en la nueva central el grupo electrógeno CKD, fue necesario suministrados mecánicos adicionales que permitan efectuar la interconexión entre el grupo electrógeno y las redes de servicio (combustible) para las condiciones existentes y de acuerdo al diseño de la disposición general del nuevo grupo mostrado en los planos.

B. Sistema de gases de escape

El sistema de gases de escape consistió esencialmente de la tubería de gases de escape, que va desde el múltiple de escape hasta el exterior, en

dos tramos, uno horizontal al interior de la sala de máquina, entre el aislado térmicamente para evitar peligro de contacto con combustible suelto y para prevenir accidentes al personal, otro tramo vertical al exterior de la casa de máquina en el lado de descarga del silenciador, sin aislamiento.

La tubería de gases de escape es de plancha de acero, de igual forma los codos, soportes flexibles y rígidos, bridas, elementos de fijación, accesorios y juntas de expansión.

La tubería de 6 " ϕ fue instalada conjuntamente con el compensador de dilataciones y el silenciador que han sido suministrados por el proveedor del grupo electrógeno.

El aislamiento térmico que cubre la tubería al interior de la casa de máquina está cubierta de una plancha de acero galvanizado como protección.

C. Sistema de combustible

El equipo considerado en el sistema de combustible es el siguiente:

- Un tanque de almacenamiento de combustible, cilíndrico, posición horizontal, de 1000 galones de capacidad, con dimensiones 1.27m ϕ x 3.0 m de longitud.

El tanque lleva un respiradero de 1" ϕ , conexión de entrada de combustible de 2" ϕ con tapón de fácil remoción. Conexión de salida de combustible de 1" ϕ con válvula de compuerta incorporada.

El control de nivel visual con válvulas, tubo de vidrio y protector para el mismo.

- Una bomba de combustible de 14 gpm - 35 psi, 1 HP, instalado al lado del tanque de almacenamiento y que cumple la función de trasiego, desde el tanque de recepción hasta el tanque de almacenamiento, abastece a los tanques diarios de combustible.
- Una tubería de distribución de 1" ϕ para alimentar al grupo.
- Ramales de abastecimiento de petróleo al grupo electrógeno, incluyendo dos tanques de uso diario de 325 litros de capacidad, fabricado con plancha de acero estructural ASTM A - 36.
 - Tuberías de interconexión de 1" ϕ entre los tanques de uso diario y los motores.

3.2.6. Pruebas en el sitio

A. Generalidades

Las pruebas de aceptación se realizaron con el objeto de verificar mediante mediciones, la conformidad de los datos técnicos ofertados y además garantizar el buen funcionamiento de cada componente individual y del conjunto.

Las pruebas de funcionamiento del motor diesel se realizaron preferentemente de acuerdo a las normas ISO 3046. Inicialmente el funcionamiento se realizó durante 02 horas a diferentes cargas (25%, 50%, 75% y 100% de la potencia neta específica). Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes parámetros: potencia neta en bornes del generador, amperaje, temperaturas de agua, de aceite y gases; así como la presión del aceite.

3.2.7. Operación de un grupo electrógeno

A. Arranque y apagado de un grupo electrógeno

Para el arranque de un grupo electrógeno se requiere efectuar los siguientes pasos:

- 1° Limpiar el piso y eliminar obstáculos que estorben alrededor del grupo.
- 2° Chequear el nivel de aceite en el carter del motor del depósito del aceite.
- 3° Revisar el nivel de agua del radiador (llenar si es necesario).
- 4° Verificar el nivel de petróleo en el tanque diario.
- 5° Abrir la válvula de alimentación de petróleo al motor.
- 6° Presionar el botón de arranque y esperar que caliente por lo menos cinco minutos.
- 7° Colocar el interruptor termomagnético del grupo en posición de ON.

Para detener un grupo electrógeno se requiere efectuar los siguientes pasos:

- 1° Colocar el interruptor termomagnético del grupo en posición de OFF.
- 2° Esperar cinco minutos para el funcionamiento en vacío del motor.
- 3° Pulsar el botón de apague del grupo.
- 4° Cerrar la válvula de alimentación de petróleo al motor.

3.3. Especificaciones técnicas de equipamiento eléctrico y montaje

3.3.1. Suministros de equipos

A. Equipo eléctrico

El equipo eléctrico que comprende este ítem, y que a continuación se detalla ha sido suministrado por el contratista:

- Subestación aérea biposte
- Cables de baja tensión
- Aislador tipo Pin
- Seleccionador unipolar tipo Cut - out, 10 KV
- Interruptor termomagnético
- Puesta a tierra

B. Subestación aérea biposte

Compuesta por:

- 02 postes de concreto armado centrifugado de 12/400 Kg de esfuerzo en la punta.
- 02 crucetas de 1.5 m de largo
- 02 palomillas de 1.1m de longitud
- 02 medialozas de 1.1m de longitud

Sirven para soportar el transformador, los seccionadores, los aisladores y accesorios.

C. Cables de baja tensión

Son conductores de cobre electrolítico de 99.9% de conductibilidad, los aislamientos de PVC, con protección del mismo material, del tipo NYY,

unipolares para una tensión nominal de 1 KV y fabricados según normas CIEC 288 -78 para conductores y pruebas ITINTEC 370.050, temperatura máxima de operación de 80°C.

D. Tablero de distribución en baja tensión

Equipado con los siguientes elementos:

- 01 bobina shunt trip para disparo instantáneo de interruptor.
- 01 relé de potencia inversa, saci.
- 01 conmutador de sincronización con llave.
- 03 fusibles DZ, 2A.

E. Aislador tipo Pin

Presenta las siguientes características técnicas:

- Material : Porcelana
- Clase : ANSI 56 - 2
- Dimensiones
 - o Diámetro : 230 mm
 - o Altura : 166.5mm
- Distancia de fuga : 432mm (17")
- Distancia de arco en seco : 210mm (8 ¼ ")
- Tensión nominal de servicio : 23 KV
- Tensión de flameo de baja frecuencia
 - o En seco : 110 KV
 - o En lluvia : 70 KV
- Tensión de perforación a baja frecuencia : 145 KV
- Resistencia mecánica transversal : 1,363 Kg

- Altura mínima recomendada del PIN : 178mm (7")
- Peso neto aproximado : 5.12 Kg

El elemento de fijación del aislador tipo PIN a la cruceta es con una espiga de F°G° en caliente de 3/4 "φ x 14" longitud, con cabeza de plomo de 1 3/8 φ x 2" longitud, incluyendo tuerca y arandela.

F. Seccionador unipolar Cut – Out

Para la protección del transformador, se instaló cortocircuitos fusibles unipolares tipo Cut – out, montaje exterior, de apertura automática al fundirse el chicote fusible y apertura manual mediante pértiga, de las siguientes características:

- Tensión de servicio : 10 KV
- Tensión nominal : 15 KV
- Capacidad de corriente : 100 A
- Nivel básico de aislamiento : 125 BIL

Portan elementos fusibles NEMA K de 10 A.

G. Interruptor termomagnético

El interruptor de salida del generador es del tipo termomagnético, moldeado, trifásico para montaje interior, mando frontal y eléctrico, sus características principales son:

- Tensión nominal : 230 V
- Intensidad nominal : 630 A
- Poder de ruptura : 8 KA

H. Puesta a tierra

Cada pozo de tierra fue de 0.8m de diámetro por 3.0m de profundidad y se relleno con tierra vegetal cernida.

Como electrodo central se utilizó una varilla copperweld de 5/8" ϕ x 2.4m de longitud.

Alrededor del electrodo central se adaptó un espiral hecha de cable de cobre desnudo, 19 hilos, temple blando, de 35 mm² de sección.

Para la fijación de los cables de tierra al electrodo de copperweld, se utilizaron conectores de bronce.

3.3.2. Especificaciones técnicas de montaje

A. Generalidades

Se ejecutaron todos los trabajos necesarios para efectuar todo el montaje eléctrico, de tal forma que se entregó al propietario una instalación completa para entrar en servicio.

B. Transporte y manipuleo de equipo eléctrico

Se transportó y manipuló todos los equipos eléctricos con el mayor cuidado.

Los materiales se transportaron hasta los frentes de trabajo sin arrastrarlos ni rodarlos por el suelo.

C. Instalación de subestación aérea biposte

La instalación prevista es del tipo exterior y comprende

- La instalación de estructuras de concreto, destinados a recepcionar los equipos y materiales correspondientes al montaje electromecánico. Se abrieron huecos de 0.8 x 0.8 x 1.7m para postes de 12m.

- Colocación y cimentación de postes previa loza de concreto de 10 cm de espesor.
- Colocación y fijación de medias lozas, crucetas y palomillas.
- Instalación de aisladores clase 56 - 2 con accesorios.
- Montaje de un transformador de distribución de 160 KVA, conectando los bornes de alta tensión con los Cut - out y los bornes de baja tensión con el tablero de distribución mediante cable NYY - 1 KV de 3 - 1 x 180 mm².
- Conexión de puesta a tierra, uniendo todas las partes metálicas con el conductor de puesta a tierra, el cual es, cableado, temple blando de 35 mm². El conductor se conectó con la varilla de puesta a tierra. Se instalaron dos conjuntos de puesta a tierra.
- Tablero de distribución, adosado en el poste de concreto, tal como se indican los planos, se instaló y conectó la célula fotoeléctrica.

D. Instalación de cable de baja tensión

Se instaló cable NYY -1 KV de 3 - 1 x300 mm² que conecta al grupo electrógeno, la celda de transformación y la celda de salida terminal trifásica interior, respectivamente.

La instalación del cable se efectuó de tal forma que la cubierta del cable (aislamiento PVC) no sufra ningún daño, evitando en todo momento de arrastrar el cable o realizar curvas peligrosas.

E. Pruebas técnicas

Se realizaron al concluir los trabajos de montaje, con la presencia del ingeniero supervisor de obra, se hizo una inspección general el grupo electrógeno montado.

Se realizaron las pruebas que se detallan a continuación, empleando instrucciones y métodos de trabajo apropiado. Al finalizar las pruebas se levantó un acta en la que se consignó resultados obtenidos.

- Determinación de la secuencia de fases

Se demostró que la posición relativa de los conductores de cada fase corresponde a lo prescrito.

- Prueba de aislamiento

La medición de aislamiento se efectuó entre cada fase de los cables, cumpliendo con lo especificado en el código nacional de electricidad.

- Pruebas de la puesta a tierra

La resistencia de la puesta a tierra no deberá tener un valor mayor a 5 Ohmios. La resistencia en el electrodo no desea superar los 25 Ohmios y la del sistema no será mayor a 30 Ohmios.

- Prueba de tensión

Una vez concluidas satisfactoriamente las pruebas señaladas en los párrafos anteriores, se procedió a aplicar tensión en vacío a 25%, 50%, 75% y 100% de su carga nominal. Durante todo el tiempo que duró la prueba, se midió continuamente la tensión y la corriente en las tres fases, anotando las lecturas cada treinta minutos.

3.4. Red de distribución secundaria 220 V

3.4.1. Memoria descriptiva

A. Generalidades

La presente obra tiene la finalidad de ejecutar las redes de distribución secundarias para la localidad de Huarango, donde se ha instalado un grupo electrógeno para suministrar energía eléctrica en forma integral y confiable.

B. Alcance de la obra

Comprende el montaje electromecánico de:

- Subsistema de distribución secundaria a 220 V: redes de distribución secundaria.
- Conexiones domiciliarias

Previo al montaje electromecánico el contratista diseñó las redes eléctricas teniendo en cuenta el calibre y cantidad del conductor a instalar, de acuerdo al Metrado base otorgado por el Ministerio de Energía y Minas, así como la cantidad de estructuras de concreto y accesorios.

El aprovisionamiento de energía eléctrica para la localidad de Huarango es a través de un grupo electrógeno, de tensión de generación de 230 V, de potencia nominal de 100 Kw.

C. Descripción de la obra

Comprende las siguientes partes:

- Subsistema de distribución secundaria son íntegramente aéreas, distribución radial en toda su extensión.

Comprende las redes de servicio particular a la tensión de 220 V, sistema trifásico a tres hilos, con alimentación monofásica a los lotes.

Los circuitos están formados por conductores de aleación de aluminio, cableados, forrados, autoportados por un mensajero de aluminio cableado desnudo. El mensajero de estos conductores, que es el que soporta a los mismos ha sido fijado al poste mediante mordazas de suspensión y anclaje.

La ferretería que conforman los armados es de fierro galvanizado en caliente.

Los postes son de concreto armado centrifugado de 8m, de características adecuadas para alineamiento, cambios de dirección, ángulos y fin de línea.

- Conexiones domiciliarias

Las acometidas domiciliarias son monofásicas, con conductores de cobre electrolítico concéntrico, temple suave de 2 x 12 AWG de sección; para cada usuario se ha instalado una caja metálica que alberga un portafusible tipo C de 30 A y fusible de plomo de 10A.

Aquellos lotes ubicados en el mismo lado de la red de baja tensión, el conductor ingresó a la caja a través de un tubo PVC - SAP de 3/4" ϕ y aquellos lotes que se encuentran al frente de la red, el conductor ingresó a la caja a través de un tubo de Fo.Go de 1" ϕ para conservar la altura mínima que establecen las normas, tal como se especifica en la correspondiente lámina de detalle.

El derecho de máxima potencia del consumidor de las viviendas de uso doméstico es de 800 vatios/lote con factor de potencia de 0.9 inductivo y factor de simultaneidad de 0.5.

El derecho de máxima potencia de las cargas especiales es de 500 vatios/lote, con factor potencia de 0.9 inductivo y factor de simultaneidad de 1.0.

3.4.2. Especificaciones técnicas de materiales

A. Generalidades

Las presentes especificaciones técnicas, delimitan las características que cumplen los equipos y materiales que se instalaron para el subsistema de distribución secundaria de energía eléctrica.

B. Postes

Los postes de concreto armado centrifugado tienen las características principales siguientes:

- Longitud (m)	8.0	8.0
- Diámetro en el vértice (mm)	120	120
- Diámetro de la base (mm)	240	240
- Carga de rotura en la punta (kg)	200	200
- Coeficiente de seguridad	2	2
- Garantía de fabricación (años)	10	10
- Peso (kg)	388	410
- Conicidad	15 mm/mt	

Para proteger la punta del poste, se colocó perilla de concreto.

Los postes de concreto armado centrifugado de 8m, para alineamiento, ángulos y los de fin de línea han sido cimentados en dados de concreto de 0.6 x 0.6 x 1.1 m. previa construcción de una loza de 0.1m de espesor.

C. Conductores para redes eléctricas

En las redes aéreas de distribución se empleó el sistema AMKA (cable autoportado), que utiliza los cables AMKA - T, son de tres conductores de aluminio compactado ($\geq 90 \text{ N/mm}^2$), cableado, 7 hilos, con aislamiento de polietileno (HDPE) color negro, resistente a la intemperie y al envejecimiento y un conductor de aleación de aluminio cableado, 7 hilos, desnudo como mensajero.

Las características principales de los cables AMKA - T utilizados en obra son los siguientes:

Tabla 4. Características y especificaciones de cables utilizados

Características	Especificaciones
Sección (mm ²)	3 x 50 + 35
Diámetro total del cable (mm)	29
Peso del cable (Kg/km)	590
Carga de rotura del mensajero (KN)	10.3
Módulo de elasticidad (Kg/mm ²)	6430
Coefficiente de dilatación (1/°C)	0.0036
Resist./fase D.C a 20°C (Ohm/km)	0.641
REact. Ind/fase a 50 Hz (Ohm/Km)	0.095
React. De secuencia cero/fase aprox. a 50 (Ohm/Km)	0.025
Máx. corriente de cortocircuito permisible por 1 min. (KA)	2.10

Fuente: Elaboración propia

Los conductores de fase cumplen con las normas de fabricación IEC 228, el cable mensajero con la IEC 208 y el aislamiento con las IEC 538, 540 Y astm d 1693 -70.

D. Conductores para conexión domiciliaria

Son de cobre electrolítico, temple blando, cableado concéntrico del tipo SET correspondiente a la sección 2 x 4 mm² para acometida simple 2 x 6mm² para acometida doble, cumplen con las normas de fabricación ASTM B - 3 para conductores y IPCEA para el aislamiento.

E. Ferretería y accesorios

La ferretería utilizada en las redes de distribución secundaria es de hierro tratado en caliente y galvanizado por inmersión en caliente, pero otros son contruidos en aleación de aluminio y sus partes de acero son galvanizadas por inmersión en caliente.

- Gancho de suspensión

Los ganchos de suspensión son de fierro tratado en caliente, de clase 2, es decir para instalaciones aéreas ordinarias (alineamiento y fin de línea) y con ángulos hasta de 90°.

Son adecuados de usarse con la mordaza de suspensión SO 14.1 y la mordaza cónica terminal (grapa de anclaje) SO 3.25.

- Grapa de anclaje

El cuerpo y la manga cónica de la grapa de anclaje (mordaza cónica terminal) está hecha a base de aleación de aluminio a prueba de corrosión (A1 - Alloy Al Mg S1 1 F 32 DIN 1748 Blatt 1 3.2315.72). La barra tipo U está hecha de acero galvanizado por inmersión en caliente.

En la obra se utilizó la grapa de tipo SO 3.25 que cumple con los requisitos de la norma Finlandesa SFS 2663.

- Grapa de suspensión

La grapa de suspensión utilizada en obra fue del tipo SO 14.1 (para mensajero de 25 a 95 mm²) que está provista de una protección contra la fricción, resistente a los agentes atmosféricos para garantizar la fiabilidad de operación.

El cuerpo y la pieza de apriete de la grapa de suspensión están hechos de aleación de aluminio, resistente a los agentes atmosféricos y las partes de acero son galvanizadas por inmersión en caliente.

- Conector Aluminio - Aluminio

Los conectores de aluminio - aluminio son resistentes a los agentes atmosféricos, de una fuerza de tensión aproximada a 300 N/mm², los bolts son galvanizadas por inmersión caliente. Se utilizó el conector del tipo SL 2.11 que cumple con la norma VDE 0220.

- Conector Aluminio - Cobre

Los conectores de aluminio - cobre son resistentes a los agentes atmosféricos, de una fuerza de tensión aproximada de 300 N/mm². La unión para el cobre está hecha de latón estañado, además la costura de unión del Al - Cu está cubierta con pintura epóxica resistente a los agentes atmosféricos. El conector utilizado fue del tipo SM 2.11.

- Cubierta aislante

La cubierta aislante es del tipo S 14, hecha de polietileno, color negro, resistente a los agentes atmosféricos y de alta resistencia a la radiación solar.

- Arandela

De fierro galvanizado en caliente, cuadrada curvada y/o plana de 57 x 57 x 5 mm con hueco de 18 mm ϕ y de 102 x 102 x 6 mm, de 18 mm ϕ ; se usaron con los pernos y las varillas de anclaje de 5/8" ϕ respectivamente.

- Contratuerca

De fierro galvanizado en caliente, adecuados para pernos de 16 mm ϕ .

- Retenida

Compuesta de:

○ Cable de acero galvanizado

Tipo : Siemens - Martin

Diámetro exterior : 3/8 "

Número de hilos 7

Carga de rotura : 3,155 kg

Peso : 0.407 kg/m

○ Abrazadera

De Fo. Go. en caliente de 130 mm ϕ de platina de 19/ 16 " de ancho y 3/16 " de espesor, provista de 3 pernos de 1/2 " ϕ , 3 " de longitud con arandela redonda de presión y tuercas.

○ Grapa paralela

De Fo. Go. en caliente de doble vía, 3 pernos, 6 " de longitud para cable de 3/8 " ϕ .

○ Guardacabo

De Fo. Go. en caliente adecuado para cable de 3/8" ϕ , se usó para proteger el cable de acero en la varilla de anclaje.

- Varilla de anclaje
De Fo. Go. en caliente, 5/8" ϕ x 2.4 m de longitud con ojo de 1" ϕ , en un extremo y roscado en el otro, provisto de arandela, tuerca y contratuerca del mismo material.
- Bloque de concreto armado
De 400 x 400 x 100 mm, con agujero central de 11 /16" ϕ reforzado con varilla de Fo. Corrugado de 1/2 " ϕ .
- Alambre galvanizado
Se utilizó Alambre N° 12 AWG, temple suave en los entorches de los terminales del cable de acero.

F. Conexiones domiciliarias

En la instalación de las conexiones domiciliarias se utilizaron los siguientes elementos:

- Conectores

Conectores bimetálicos A1/Cu tipo SM 2.11, tipo grapa paralela de doble vía, de 2 pernos, se usaron en los respectivos empalmes entre los conductores de servicio particular con el conductor de acometida domiciliaria (cable concéntrico).

- Cable concéntrico

De cobre electrolítico tipo SET, de 2 x 4 mm² para acometida simple y de 2 x 6 mm² para acometida doble.

- Armella tirafón

De Fo. Go. de 9.53 mm " ϕ x 64 mm de longitud.

- Tubo PVC - SAP

De 3/4 "φ x 3 m de longitud, se instalaron en las acometidas que bajan directamente de la red y empotrado en la pared de cada usuario. Asimismo se confeccionaron codos de PVC - SAP de 3/4" φ para embone al tubo recto.

- Tubo de fierro galvanizado

De 3/4 "φ x 6.1 m de longitud, instalados en aquellas acometidas domiciliarias que cruzan la calle para conservar la altura mínima de seguridad. Así mismo se confeccionaron codos de PVC - SAP de 3/4" φ para embone al tubo recto.

- Templador

De Fo. Go. para cable concéntrico de 2 x 4 mm² y 2 x 6 mm² de sección.

- Caja portamedidor

Caja metálica tipo L, provistas para colocación empotrado en pared, formada por un cajón y tapa con cerradura.

El cajón posee 6 agujeros pre - estampados en sus paredes de 42 mm de diámetro.

El corte doblado y agujereado de las partes metálicas, han sido ejecutados con matrices (estampado). La unión de las paredes metálicas tienen puntos de soldadura por resistencia, distanciados entre sí 50 mm.

Sus características son:

Tabla 5. Características y especificaciones de paredes metálicas

Características	Especificaciones
Marco, tapa, ángulo	Acero laminado en frío brillante, espesor 2 mm
Cajón, soporte y marco de luna	Acero laminado en frío brillante, espesor 0.9 mm
Dimensiones tapa L	421 x 154 x 2mm
Dimensiones cajón L	450 x 183 x 175 mm
Características de fábrica	Limp. Por arenado, cortado, doblado y agujereado por matrizado.
Pintado tapa y marco	Base EPOXI cromato de zinc, 50 micrones de espesor.
Pintado de las partes metálicas	Base EPOXI polvo restantes de zinc, 30 micrones de espesor.
Acabado	Con pintura DD asfáltica de 40 micrones de espesor.
Luna visor	Plástico makrolón 110 x 120 x 2mm
Tablero de madera	Ishtingo, cepillado y barnizado de 415 x 145 x 10 mm
Cortacircuito	De loza Stealite, 04 terminales de latón para llegada y salida, mordaza de latón para fusible.
Cable	Cu, forrador, TW unipolar, 4 mm ²
Fusible	Tipo C, de plomo 30A
Cerradura	De bronce, forma triangular

Fuente: Elaboración propia

3.4.3. Especificaciones técnicas de montaje electromecánico

A. Generalidades

Las presentes especificaciones se ciñen a lo establecido por el código nacional de electricidad y las normas vigentes usadas para el montaje de redes eléctricas; todos los trabajos se han hecho de acuerdo a los planos elaborados por el contratista, teniendo en cuenta la sección de los conductores suministrados por el ministerio de energía y minas.

B. Instalación de postes

La ubicación de postes se hizo de acuerdo a lo indicado en el plano de redes. Primeramente se hizo un hoyo de 0.6 x 0.6 x 1.1m de profundidad,

luego se construyó un solado de 0.1 m, seguidamente se procedió al izamiento buscando el alineamiento y verticalidad de los postes, se rellenó con mezcla de concreto, empleando 1.5 bolsas de cemento, piedra grande, mediana y pequeña.

Para los casos de anclaje y cambio de dirección, los postes fueron instalados con una ligera inclinación en sentido contrario a la resultante de las fuerzas actuantes, haciendo que estos recuperen su posición correcta después de tensado los conductores.

C. Instalación de ganchos de suspensión

Los ganchos de suspensión fueron instalados al poste de concreto después de izado el poste, su fijación en aquellas estructuras se hizo aprovechando el perno maquinado que tiene en la parte posterior. Instalados los ganchos de suspensión se procedió a colocar las mordazas de suspensión y anclaje según el caso.

D. Instalación retenida

Después que se instaló el poste y compactó la base correctamente, se procedió a instalar los vientos de anclaje, para lo cual excavó una fosa donde se colocó el bloque de anclaje y la varilla respectiva según los planos de detalle, luego se rellenó la excavación compactando el terreno con apisonamiento hasta obtener la misma compactación del suelo, después de esto se procedió a la instalación del cable de acero, guardacabos, grapas paralelas, quedando la retenida expedita para su ajuste final.

El ajuste definitivo de las grapas se hizo después de verificarse el templado del cable, entendiéndose que la instalación de los vientos de anclaje es previa al tendido de los conductores.

E. Tendido de conductores

El tendido de los conductores de la red secundaria, se realizó sobre las mordazas de suspensión cuando se trató de vanos alineados y en las grapas de anclaje para derivaciones en T o fin de línea, teniendo mucho cuidado de no dañar el aislamiento por rozamiento.

Los conductores se tendieron sobre soportes de tendido adecuadamente dispuestos en el poste para prevenir atascamientos durante el tendido.

F. Instalación de acometida domiciliaria

El conductor de la acometida se conectó a la red mediante conectores bimetálicos A1/Cu tipo grapa paralela de doble vía de dos pernos (SM 2.11).

El conductor concéntrico fue de un solo tramo desde el empalme con la red portafusible de la caja adyacente.

Para la bajada del cable al portafusible se empotró en la fachada un tubo de PVC - SAP provisto de una curvatura en su parte superior para evitar el ingreso de agua debido a las lluvias, esto en el caso de las acometidas simples; en las acometidas que cruzan las calles se empotró en la fachada del usuario un tubo de fierro galvanizado, esto para conservar la altura mínima de seguridad.

G. Pruebas y puesta en servicio

Al término de las obras se efectuaron las pruebas de subsistema en presencia del ingeniero supervisor empleando instrucciones y métodos de trabajo apropiado para tal efecto.

Las pruebas que se realizaron fueron las siguientes:

- Secuencia de fase

Se verificó que la posición relativa de los conductores de cada fase sea el correcto.

- Continuidad

Se efectuó desde un extremo de la línea simulando cortocircuito en los extremos.

- Pruebas de aislamiento

Con posterioridad a la prueba de continuidad se efectuó la prueba de aislamiento de las redes en conjunto, comprobándose que los niveles de aislamiento estuvieran del rango establecido en el código nacional de electricidad. Esta prueba se realizará utilizando megámetro con tensión continua de 5000 v (Red primaria) y 500 v (Red secundaria) entre fase - tierra y entre fase - fase (tiempo de duración 60 segundos).

- Pruebas con tensión

Después de efectuarse las pruebas, se aplicó la tensión nominal a la red secundaria, comprobándose el normal funcionamiento del sistema en su conjunto.

3.4.4. Cálculos justificativos

A. Generalidades

Los cálculos justificativos cumplen con lo dispuesto en el Código nacional de electricidad, Normas DGE del Ministerio de energía y minas, Ley de concesiones eléctricas y su reglamento.

B. Cálculos eléctricos

- Información básica

Tabla 6. Características y especificaciones de redes eléctricas

Características	Especificaciones
Derecho de demanda máxima	
- Vivienda	800 W/lote
- Carga especial	500 W. c/u
Máxima caída de tensión en el punto más desfavorable de la red	5% de Vn
Tensión nominal de S.P	220 V
Servicio	Monofásico
Frecuencia	60 Hz
Tipo de instalación	Aéreo
Separación entre conductores	0 mm
Vano promedio	55 - 60 m
Factor de simultaneidad	
- Vivienda	0.5
- Cargas especiales	1.0
Factor de potencia	0.9 Ind.
Temperatura máxima adm. Conductor	50°C

Fuente: Elaboración propia

- Datos del conductor

Aleación de aluminio, cableado, forrado, autoportado con cable mensajero, cableado, desnudo de 3 x 50 + 35 mm², siendo los tres primeros los de fase y el último el mensajero.

Resistencia del conductor a 50°C

$$R_{50^{\circ}\text{C}} = R_{20^{\circ}\text{C}} * [1 + \alpha(T_z - T_z)]$$

Donde:

$R_{50^{\circ}\text{C}}$ = Resistencia del conductor 50°C

$R_{20^{\circ}\text{C}}$ = Resistencia del conductor a 20°C

α = Coeficiente térmico de resistencia ($3.6000 * 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)

$T_z - T_z$ = Incremento de temperatura

Sección (mm ²)	Resistencia (50°C, Ω/Km)
3 * 50 +35	0.710

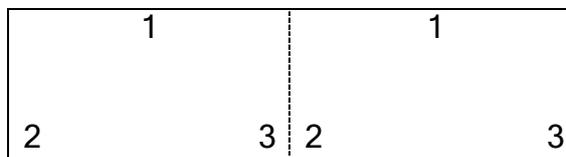
- Disposición de los conductores

Cableado concéntrico, sobre el mensajero, i.e: sin separación.

- Reactancia inductiva

Se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$X_1 = 0.1746 \text{ Log (DMG/RMG)} \quad (\Omega/\text{Km})$$



Donde:

$$D_{MG} = [D_{12} \times D_{23} \times D_{13}]^{1/2}$$

$D_{12} = D_{23} = D_{13} = D_{12}$ = Diámetro de cada conductor

RMG= 0.726 r (para 7 hilos)

RMG= 0.758 r (para 19 hilos)

R = Radio del conductor cableado sin cubierta

DMG= Distancia media geométrica

RMG= Radio medio geométrico

- Caída de tensión

Servicio particular: Sistema 220V trifásico

$$\Delta V_{SP} = K_{3\phi} \times I \times L \times 10^{-3}$$

$$I(A) = \frac{P \times fs}{\sqrt{3} \times V_L \times \cos \phi}$$

$$K_{3\phi} = \sqrt{3} \times [X_{12} + R_{50^\circ C}]^{1/2}$$

Donde:

ΔV_{SP} = Incremento de caída de tensión de servicio particular en voltios

ϕ = Ángulo de factor de potencia

P = Potencia activa en Kw

L = Longitud de la red en metros

V_L = Tensión nominal de la línea en voltios

- Factor de caída de tensión

El factor de caída de tensión para el conductor de aleación de aluminio, forrado, autoportado, utilizado en obra es:

SECCION (MM ²)	K 3 ϕ (v / A * Km)
3 * 50 +35	1.238

Donde:

$$D_{12} = D_{23} = D_{13} = D + 2e = 23.5 + 2(1.20) = 25.9\text{mm}$$

D = Diámetro del conductor de 50 mm²

E = Espesor del aislamiento por fase

RMG= 0.726 (23.5/2) = 8.53 mm

C. Cálculos mecánicos

- Ecuación de cambio de estado

$$\sigma_{2f} = [\sigma_f + \alpha E(T_f - T_i) + (E/24)(W_{ci}.d/s. \sigma_i)^2] = (E/24) (W_f.d/s)^2$$

Donde:

σ = Esfuerzo unitario en Kg/mm²

S = Sección del conductor en mm²

T = Temperatura en el conductor

d = Vano en metros

W = Peso unitario del conductor en Kg/Km

i = Subíndice condiciones iniciales

f = Subíndice condiciones finales

α = 23 x 10⁻⁶ °C⁻¹

E = 6.75 x 10³ Kg/mm²

- Hipótesis de cálculo

Hipótesis I (condiciones de máxima esfuerzo)

Temperatura ambiente = 5°C

Velocidad del viento = 60 Km/h

Hipótesis II (esfuerzos de templado)

Temperatura ambiente = 25°C

Velocidad del viento = 0 Km/h

Hipótesis III (condiciones de máxima flecha)

Temperatura ambiente = 50°C

Velocidad del viento = 0Km/h

Por otro lado se tiene las siguientes ecuaciones complementarias:

$$W_r = [W_c^2 + W_v^2]^{1/2}$$

$$W_v = 0.0042 V^2 (\phi/1000), \text{ con } V = 60 \text{ Km/h}$$

En conductores autoportados el cable portante es el que soporta la tracción mecánica, por lo que se considera la sección de 35 mm² para efectuar los cálculos mecánicos. De las características de los conductores, se tiene los siguientes resultados:

Sección (mm ²)	ϕ(mm)	Wc(Kg/m)	Wv(Kg/m)	Wr(Kg/m)
35	23.5	0.585	0.355	0.684

Tomando como condición inicial la hipótesis II y considerando el vano (d) como variable, luego reemplazar los valores correspondientes a las características del conductor en la ecuación de cambio de estado, se tiene los siguientes resultados:

Tabla 7. Cálculo mecánico de conductores (S = 35 mm²)

Vano (m)		25	30	35	40	45
Hip. I	σ	6.77	6.81	6.84	6.87	6.89
	f	0.23	0.32	0.44	0.57	0.72
Hip. II	σ	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
	f	0.22	0.31	0.43	0.56	0.71
Hip. III	σ	5.62	5.69	5.74	5.78	5.81
	f	0.23	0.33	0.45	0.58	0.73

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. De templado (flecha en metros, S = 35 mm²)

T(°C)/Vano (m)	25	30	35	40	45
10	0.21	0.30	0.41	0.54	0.69
12	0.21	0.30	0.42	0.55	0.69
14	0.21	0.31	0.42	0.55	0.70
16	0.21	0.31	0.42	0.55	0.70
18	0.21	0.31	0.42	0.55	0.70
20	0.21	0.31	0.42	0.55	0.70
22	0.22	0.31	0.42	0.55	0.70
24	0.22	0.31	0.43	0.56	0.70
26	0.22	0.31	0.43	0.56	0.71
28	0.22	0.32	0.43	0.56	0.71
30	0.22	0.32	0.43	0.56	0.71
32	0.22	0.32	0.43	0.56	0.71
34	0.22	0.32	0.43	0.56	0.71

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la flecha, se ha tenido en cuenta la siguiente ecuación:

$$f = \frac{Wr d^2}{8\sigma S}$$

La determinación del coeficiente de seguridad y tensión de cada día

TCD (%) (conductores) se obtiene de la siguiente forma:

De la hipótesis I:

$$\sigma = \frac{\text{Tiro (Kg)}}{\text{Secc (mm}^2\text{)} * \text{CS}} = \frac{1115}{35 * \text{CS}} = 6.84 \text{ (Kg/mm}^2\text{)}$$

Luego:

$$CS = 4.66$$

Asimismo, se tiene de la hipótesis II:

$$TCD(\%) = \frac{\sigma(\text{Hip. II})}{\text{Tiro/Secc.}} * 100 = 18.83$$

- Dimensionamiento de los postes

La altura del poste queda determinado teniendo en cuenta la tabla 4

- VIII, tomo IV del código nacional de electricidad, en el que se indica:

Figura 2: Altura de poste según Código Nacional de Electricidad

+-	+-	
	0.4m	$h_0 = 5.5\text{m}$ al cruce de calles y caminos
	+-	
		$f_{\text{máx}} = 5.0\text{ m}$ a lo largo de calles
	o	
H		$f_{\text{máx}} = 1.3\text{ m}$
	h_0	luego:
		$H = 0.1H + h_0 + f_{\text{máx}} + 0.4$
+-	+-	
	0.1H	$H = 7.37\text{ m}$
+-	+-	

Fuente: Elaboración propia

Como es de uso convencional en diseño de redes aéreas de 220V para electrificación rural, para instalación en alineamiento se usan postes de 8m/200 Kg y de 8n/300 Kg para fin de línea y cambio de dirección.

Para nuestro caso tenemos:

$$\sigma_{\text{máx}} = 5.81 \text{ Kg/m}^2, S = 35 \text{ mm}^2$$

Además:

$$T = 2 \sigma_{\text{máx}} S \sin(\alpha/2)$$

Con $T = 180 \text{ Kg}$ para postes de 8/300 y 120 kg para postes de 8/200, se tiene:

$$\alpha_1 = 53^\circ \text{ para postes de 300 Kg}$$

$$\alpha_2 = 34^\circ \text{ para postes de 200 Kg}$$

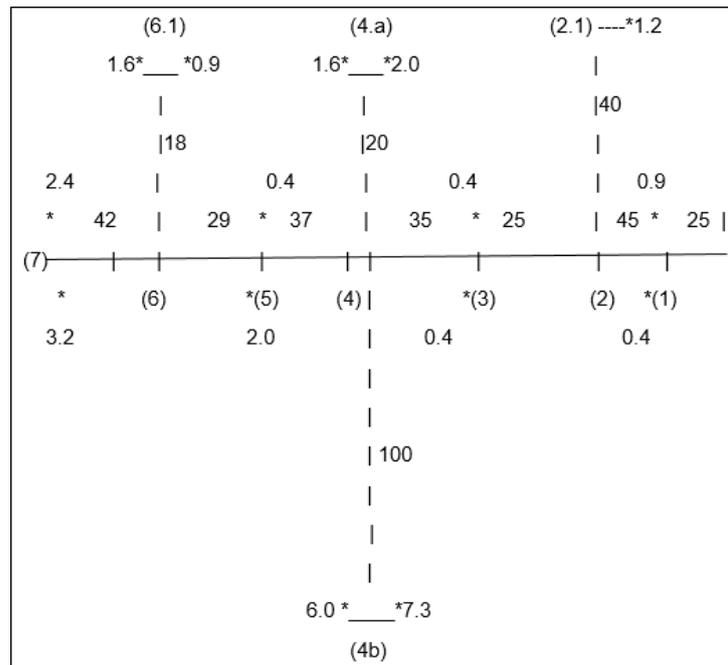
Para ángulos mayores que α_1 y α_2 se consideraron retenidas.

Subestación : "A"

Servicio : Particular

Circuito N° 1

Figura 3: Subestación A, circuito 1



Fuente: Elaboración propia

Subestación : "A"

Circuito : N°1

S.P

Localidad : Huarango

Tabla 9. Subestación A, circuito 1

Pto	1	2	3	4	5	6
Kw	1.30	-	0.80	-	2.40	-
Σ Kw	30.70	29.40	28.20	27.40	10.50	8.10
Σ I	89.50	85.70	82.20	80.00	30.60	23.60
L (m)	25	45	25	35	37	29
S(mm ²)	←-----3 * 50 + 35-----→					
Δ V	2.77	4.77	2.54	3.47	1.40	0.85
Σ Δ V						
$\Sigma\%$ Δ V						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Subestación A, circuito 1.2

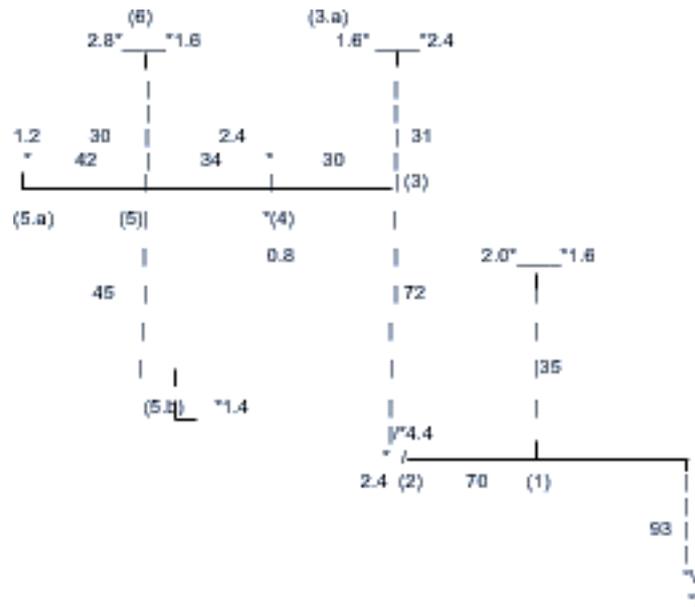
Pto	7	6.1	4.a	4.b	2.1	
Kw	5.60	2.50	3.60	13.30	1.20	
Σ Kw	5.60	2.50	3.60	13.30	1.20	
Σ I	16.30	7.30	10.50	38.80	3.50	
L (m)	42	18	20	100	40	
S(mm ²)	←-----3 * 50 + 35-----→					
Δ V	0.85	0.16	0.26	4.80	0.15	
Σ Δ V				21.87		
$\Sigma\%$ Δ V				9.94		

Fuente: Elaboración propia

(*) Ver conclusiones y recomendaciones

Subestación : "A"
 Servicio : Particular
 Circuito N° 2

Figura 4: Subestación A, circuito2



Fuente: Elaboración propia

Subestación : "A"
 Circuito N° 2
 S.P
 Localidad : Huarango

Tabla 11. Subestación A, circuito 2

Pto	1	2	3	4	5	6
Kw	-	6.0	-	3.20	-	4.40
ΣKw	24.60	21.0	14.20	10.20	7.0	4.40
ΣI	71.70	61.20	41.40	29.70	20.40	12.80
L (m)	93	70	72	30	34	30
S(mm ²)	←-----3	*	50	+	35	----->
ΔV	8.25	5.30	3.69	1.10	0.86	0.48
$\Sigma \Delta V$						19.69
$\Sigma \% \Delta V$					*	8.95

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Subestación A, circuito 2.2

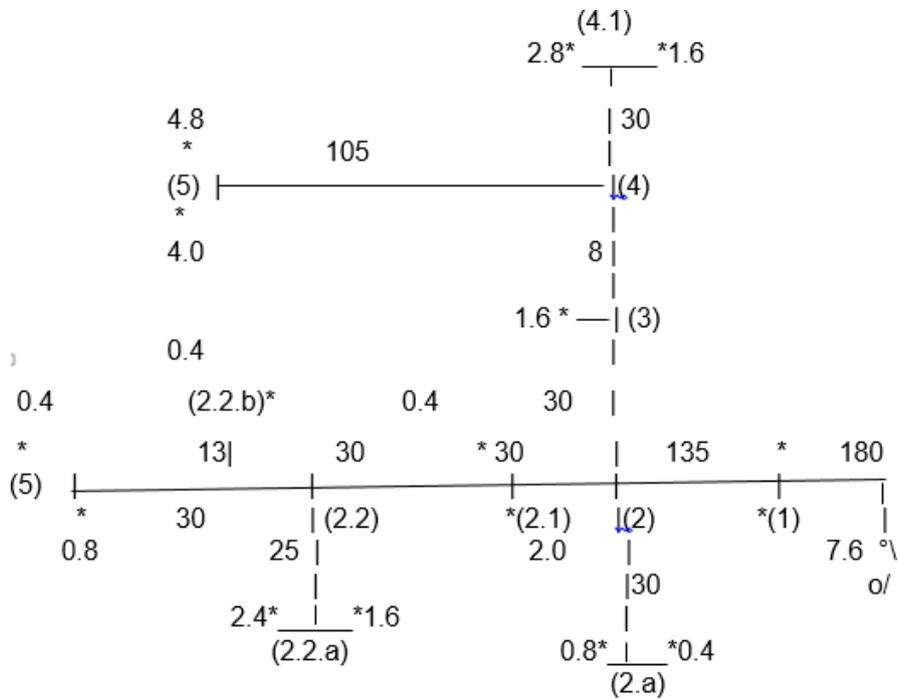
Pto	5.a	5.b	3.a	1.a		
Kw	1.20	1.40	4.00	3.60		
Σ Kw	3.50	4.10	11.70	10.50		
Σ I	16.30	7.30	10.50	38.80		
L (m)	42	45	31	35		
S(mm ²)	←-----3 * 50 + 35-----→					
Δ V	0.85	0.41	0.40	1.68		
Σ Δ V						
$\Sigma\%$ Δ V						

Fuente: Elaboración propia

(*) Ver conclusiones y recomendaciones

Subestación : "A"
 Servicio : Particular
 Circuito N° 3

Figura 5: Subestación A, circuito 3



Fuente: Elaboración propia

Subestación : "A"
 Servicio : Particular
 Circuito N° 3

Tabla 13. Subestación A, circuito 3

Pto	1	2	3	4	5	6
Kw	9.20	-	1.60	-	8.80	4.40
Σ Kw	33.20	24.00	14.80	13.20	8.80	4.40
Σ I	96.80	70.00	43.20	38.50	25.70	12.80
L (m)	180	135	30	32	105	30
S(mm ²)	←-----3 * 50 + 35-----→					
Δ V	21.57	11.70	1.60	1.52	3.34	0.41
Σ Δ V					39.73	
$\Sigma\%$ Δ V					18.06	(*)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Subestación A, circuito 3.1

Pto	2.1	2.2	2.3	2.2.a	2.2.b	2.a
Kw	2.40	-	1.20	4.00	0.40	1.20
Σ Kw	8.00	5.60	1.20	4.00	0.40	1.20
Σ I	23.30	16.30	3.50	11.70	1.20	3.50
L (m)	30	30	30	25	13	30
S(mm ²)	←-----3 * 50 + 35-----→					
Δ V	0.87	0.61	0.13	0.36	0.02	0.13
Σ Δ V						
$\Sigma\%$ Δ V						

Fuente: Elaboración propia

(*) Ver conclusiones y recomendaciones

IV. EVALUACIÓN TÉCNICO – ECONÓMICA

4.1. Resumen presupuesto general

Obra : Central Térmica de Huarango

Localidad : Huarango

Tabla 15. Resumen de Presupuesto general

	Monto
A. Obras civiles y electromecánicas	
Costo de obras civiles	S/ 40,841.97
Costo instalaciones mecánicas	S/ 26,578.77
Costo instalaciones eléctricas	S/ 21, 376.29
B. Red de distribución secundaria	
B.1. Redes eléctricas 220V Y	
Conexiones domiciliarias	S/ 114, 312.38
Costo Total	S/ 203,109.41

Fuente: Elaboración propia

4.2. Metrado y presupuesto

4.2.1. Obra civil

Obra : Central Térmica de Huarango

Localidad : Huarango

Código : Obras civiles

Tabla 16. Resumen de presupuesto de obras civiles

Descripción	Unid	Cantidad	P.U	P.P	Total
Trabajos preliminares					264.60
Limpieza de terreno	M ²	73.5	2.40	176.40	
Trazo y replanteo	M ²	73.5	1.20	88.20	
Movimiento de tierras					749.89
Excavación cimiento canaleta loza base	M ³	30.4	10.50	319.20	
Relleno y apisonado de zanjas	M ³	3.9	6.10	23.79	
Eliminación material excedente carguío en máquina	M ³	30.4	10.00	304.00	
Nivelación y apisonado interior	M ²	49.0	2.10	102.98	
Obras de concreto simple					4166.88
Cim. Conc. 1:10+30% P.G	M ³	3.5	72.00	252.00	
Sobrecimientos 1:8+25 P.M	M ³	6.7	110.00	737.00	
Sobrecimiento encofrado	M ²	95.0	10.00	950.00	
Solado E = 0.05	M ²	4.4	5.20	23.00	
Afirmado compactado	M ²	49.0	5.00	1715.00	
Falso piso e=0.10	M ²	9.0	10.00	490.00	
Obras de concreto armado					6232.80
Concreto f' c = 210 Kg/cm ² base de grupo	M ³	1.7	190.00	323.00	
Encofrado base de grupo	M ²	3.5	17.50	61.25	
Armadura base de grupo	Kg	40.0	1.60	64.00	
Concreto f' c = 175 Kg/cm ² , columnas	M ³	3.6	190.00	684.00	
Encofrado para columnas	M ²	29.3	17.00	498.10	
Armadura para columnas	Kg	415.0	1.50	622.50	
Concreto f' c = 175 Kg/cm ² , vigas	M ³	4.9	150.00	735.00	
Encofrado de vigas	M ²	59.7	20.00	1180.00	
Armadura de vigas	Kg	399.0	1.50	599.25	
Concreto f' c = 175 Kg/cm ² para canaleta	M ³	3.3	180.00	594.00	
Encofrado para canaleta	M ²	18.7	23.00	430.10	
Armadura de canaleta	Kg	368.0	1.20	441.60	
Muros y Tabiques					3232.50
Muros ladrillo KK, cabeza	M ²	29.3	25.00	3232.50	
Coberturas					1540.00
Cobertura plancha eternit canalón L =7.20	M ²	77.7	20.0	1540	
Revoques y enlucidos					3488.50

Tarrajeo muro interior M 1: 5, e =1.5	M ²	129.3	8.00	1034.40	
Tarrajeo muro exterior M 1: 5, e =1.5	M ²	129.3	8.50	1099.05	
Tarrajeo en canaleta base equipada	M ²	39.8	9.20	366.16	
Tarrajeo en columnas	M ²	29.3	9.30	272.49	
Tarrajeo en vigas	M ²	59.7	59.7	716.40	
Contrazocalos					252.00
Contrazócalo cemento pulido H = 03 m	M	63.0	4.00	252.00	
Carpintería Metálica					1719.95
Suministro y colocación de plancha estría	M ²	19.0	24.80	471.20	
Puerta metálica	M ²	11.25	90.00	1012.50	
Ventana	M ²	6.75	35.00	236.25	
Cerrajería					50.00
Cerradura tipo Forte para puerta	U	01.0	40.00	40.00	
Bisagra de 3 ½ " x 3 ½ "	Par	02	5.00	10.00	
Pinturas					1650.85
Pinturas latex muro	M ²	258.6	5.00	1293.00	
Barniz vigas de madera	M ²	36.0	8.50	306.00	
Anticorrosivo y esmalte en carpintería metálica	M ²	6.1	8.50	51.85	
Instalaciones eléctricas					695.50
Salida de alumbrado	Pto	3.0	33.50	100.50	
Luminaria 2 fluorescentes de 40 W	U	3.0	90.00	270.00	
Tomacorrientes monofásico	U	5.0	35.00	625	
Tablero de distribución	U	1.0	150.00	150.00	
Varios					3205.00
Limpieza final de obra	Glb	1.0	250.00	250.00	
Junta asfáltica	MI	19.0	35.00	655.00	
Flete	Est	1.0	2300.0	2300.00	
Total Costo Directo				S/ 27689.47	
Gasto Generales (15%)				S/ 4153.42	
Utilidad (10%)				S/ 2768.95	
Subtotal				S/ 34611.84	
IGV (18%)				S/ 6230.13	
Total Presupuesto				S/ 40841.97	

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Instalaciones mecánicas

Obra : Central Térmica de Huarango

Localidad : Huarango

Código : Instalaciones mecánicas

Tabla 17. Presupuesto general de instalaciones mecánicas

Descripción	Unid	Cantidad	P.U	P.P	Total
Montaje mecánico					7000.00
Montaje G.E de 100 Kw	Glb	01	7000.00	7000.00	
Sistema de combustible					1100.00
Bomba de ¼ HP, 14 GPM, 40 PSI	U	01	1100.00	1100.00	
Tanque almacenamiento 2000 gln, 1.66 mφ x 3.5m de longitud	U	01	3000.00	3000.00	
Tubo Fe. Negro 1" φ	M	39	5.00	195.0	
Unión universal Fe. 1" φ	U	04	8.00	32.00	
Codo 90° Fe. Negro 1" φ	U	13	2.50	32.50	
Válvula compuerta 1" φ	U	01	15.00	15.00	
Disp. Cont. Automat. Bomba	U	01	45.00	45.00	
Reduc. Bushing 1" a 5/8" φ	U	01	25.00	25.00	
Pintura esmalte	Gl	01	36.00	36.00	
Sistema de gases de escape					4448.00

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Red de distribución secundaria y conexiones domiciliarias

Obra : Central Térmica de Huarango

Localidad : Huarango

Código : Red de distribución secundaria y conexiones domiciliarias

Tabla 19. Presupuesto general de Red de distribución secundaria y conexiones domiciliarias

Descripción	Unid	Cantidad	P.U	P.P	Total
I Red de distribución secundaria					
Obras preliminares					800.00
Cartel de obra	U	01	800.00	800.00	
Movimiento de tierras					910.00
Exc. De zanjas p/postes	U	55	10.00	550.0	
Exc. De zanjas p/retenida	U	24	15.00	360.0	
Suministro e inst. de cables					22121.6
Cable AMKA - T 3 x 50 + 35mm ²	M	2818	7.85	22121.6	
Suministro e inst. de postes					16980.0
Poste c.a.c 8/200/120/240	U	31	300.00	9300.0	
Poste c.a.c 8/300/120/240	U	24	320.00	7680.0	
Suministro e inst. de armados					1990.00
Armado tipo A	Cjt	31	30.00	930.00	
Armado tipo P	Cjt	24	40.00	960.00	
Armado tipo AP	Cjt	02	50.00	100.00	
Suministro e inst. de retenidas					4950.00
Retenida simple	Cjt	24	206.25	4950.00	
Suministro e inst. de alumb. Público					788.00
	Cjt	04	197.00	788.00	
II Conexiones domiciliarias					26470.0
Conexión domiciliar simple junto a red	Cjt	141	108.00	15228.0	
Conexión domiciliar simple frente a red (cruce calle)	Cjt	77	146.00	11242.0	
Total suministro y montaje				S/ 75009.60	
Transporte (Lima - localidad a electrificar, 5% sum. y mont.)				S/ 3750.48	
Subtotal I (Costo directo)					S/ 78760.08
Gastos generales directos (10% de sub total I)				S/ 7876.01	
Gastos generales indirectos (5% de subtotal I)				3938.00	
Utilidad (8% del sub total I)				6300.81	
Subtotal II					S/ 96874.90
IGV (18% del sub total II)				S/ 17437.48	
Total Presupuesto				S/ 114312.38	

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

- Se han ejecutado las obras civiles, montaje electromecánico y redes eléctricas secundarias a entera satisfacción del Ministerio de energía y minas y de gobierno local, refrendados mediante el protocolo de pruebas y el acta de recepción de obra que se muestran en el presente trabajo.
- Se ha dotado de suministro de energía eléctrica a la localidad de Huarango, permitiendo de esta manera elevar el nivel socio - económico de la población.
- El contratista elaboró el proyecto de la red de distribución secundaria, teniendo en cuenta la instalación de 55 postes de 8 m y de 2818 m de conductor tipo AMKA - T de $3 \times 50 + 35 \text{ mm}^2$ y accesorios complementarios; cantidades establecidas por el Ministerio de energía y minas, señalados en el presupuesto base sin posibilidades de ampliación de acuerdo al contrato firmado; esto ha significado en los cálculos eléctricos exceder el 5 % de caída de la tensión normal a pesar de haber optimizado el diseño de las redes de acuerdo al plano de manzanero y lotización elaborado.
- El transformador de 160 KVA con relación de transformación 10/0.38-0.23 KV, el cual no ha sido conectado a la red puede ser utilizado como transformador de potencia e implementar una red primaria montando una subestación en la intersección de las calles M. Castilla y San Antonio, que permita corregir el exceso de caída de tensión.

- La utilización del conductor de aluminio autosoportado con respecto al conductor del tipo WP tiene las principales ventajas:
 - Bajo costo de inversión (ver cuadros comparativos I, II y III presentados en el presente trabajo).
 - Posibilidad de cambiar en el futuro el nivel de tensión de 220V a 380/220V (tensiones típicas para zonas rurales), usando el cable mensajero como neutro.
 - Reducido número de accesorios y herramientas.
 - Mínimo costo en: material, mano de obra, operación y mantenimiento anual y ampliaciones futuras.

VI. RECOMENDACIONES

- En lo que respecta a la construcción de centrales térmicas y tendidas de redes eléctricas, el Ministerio de energía y minas debe licitar expedientes completos a fin de evitar excesos en el suministro de materiales (transformador, cut - out, pararrayos, etcétera), así como deficiencias presentadas en las caídas de tensión.
- Las empresas concesionarias de electricidad deben orientar a los gobiernos locales que tienen bajo responsabilidad la generación y comercialización de la energía eléctrica respecto a la aplicación de un pliego tarifario que permita la operatividad del sistema en condiciones óptimas.

VII.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliotecas Duocuc. (2005). *Manual para redactar citas bibliográficas según norma ISO 690 y 690-2*. Chile: Sistema de Bibliotecas DuocUC. Recuperado de: <https://www.derechoycambiosocial.com/anexos/manual%20de%20citas%20bibliograficas.pdf>

Enríquez, G. (2004). *Instalaciones y montaje electromecánico*. México: Noriega Editores.

Enríquez, G. (2005). *Elementos de diseño de subestaciones eléctricas*. Segunda edición. México: Noriega Editores.

Fernández, I. y Robles, A. (2010). *Centrales de energía eléctrica*. Universidad de Cantabria. España: Open course ware. Recuperada de: <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/1160/course/section/1407/bloque-energia-IV.pdf>

MINEM (1994). *Expediente técnico – Concurso de precios para adjudicación directa N° 94 – EM – DEP. Obras Civiles y Electromecánicas Central Térmica de Huarango*.

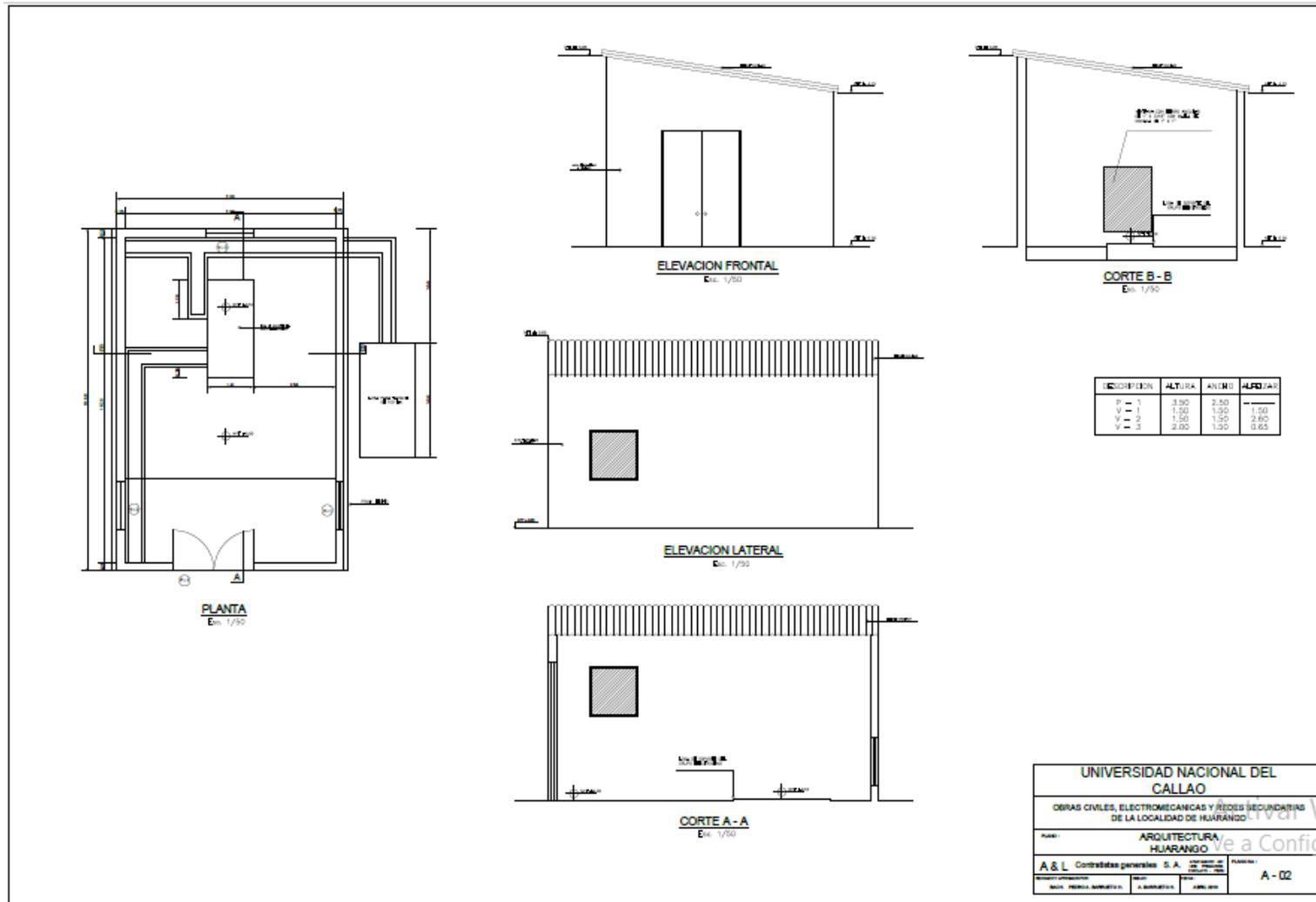
MINEM (2012). *Código nacional de electricidad*. Recuperada de: <http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/Mayo/05/RM-214-2011-MEM-DM.pdf>

Seidman.A., Mahrous, H. y Hicks, T. (1985). *Manual de cálculos de ingeniería eléctrica*. México: McGraw-Hill.

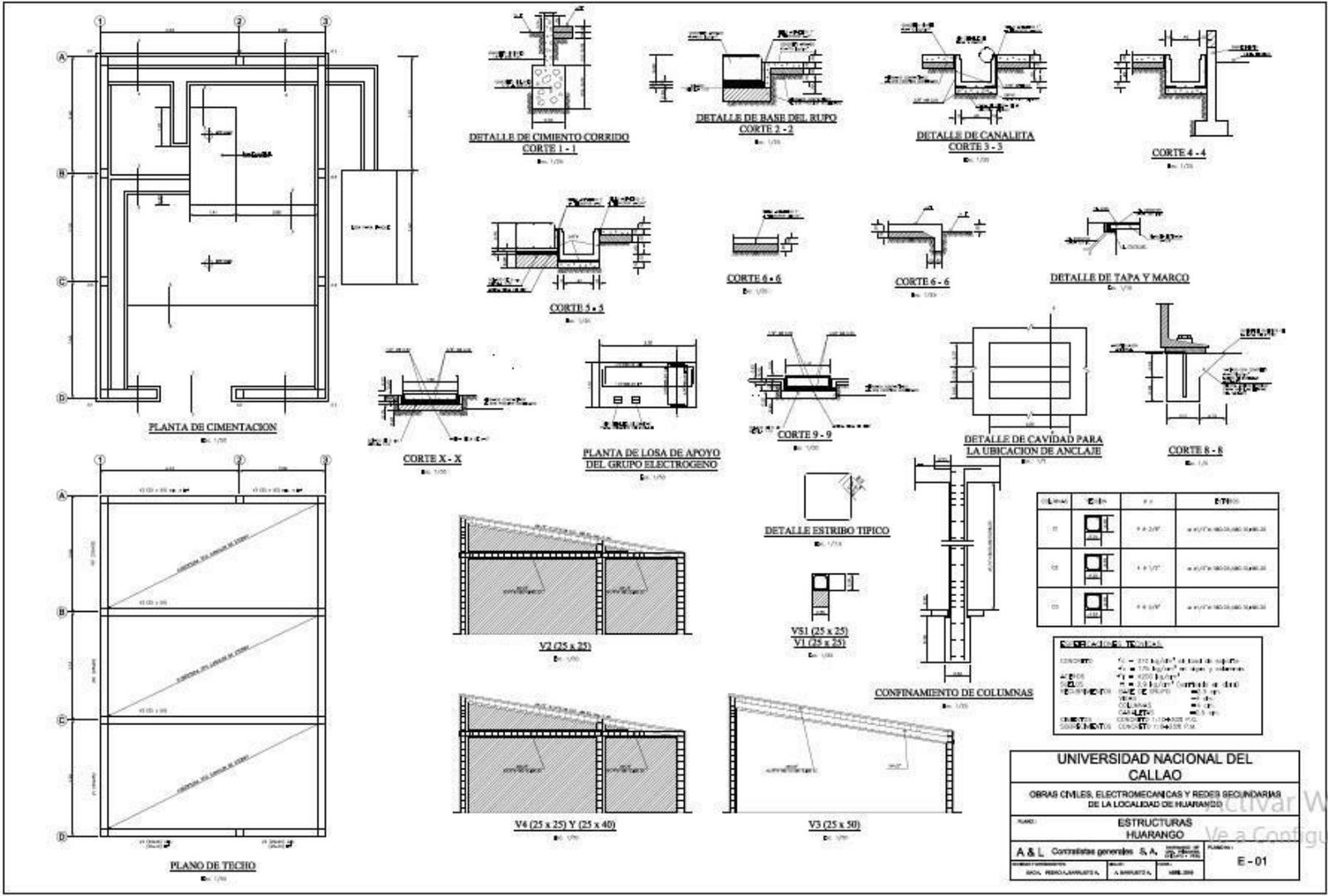
Sanz, J. y Toledano,J.(2010). *Instalaciones de distribución*. España: Ediciones Paraninfo.

ANEXOS

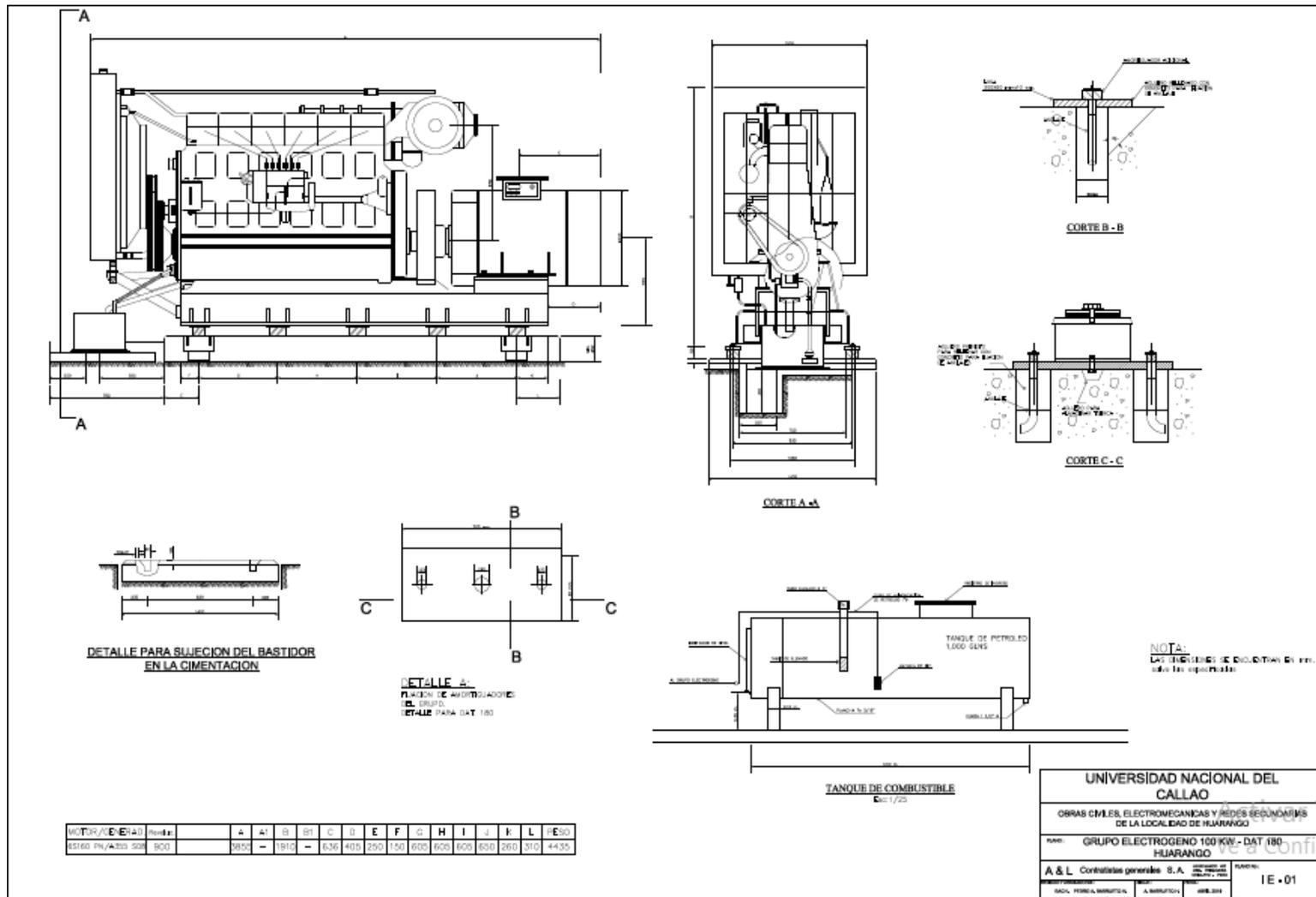
A - 02: Arquitectura Huarango



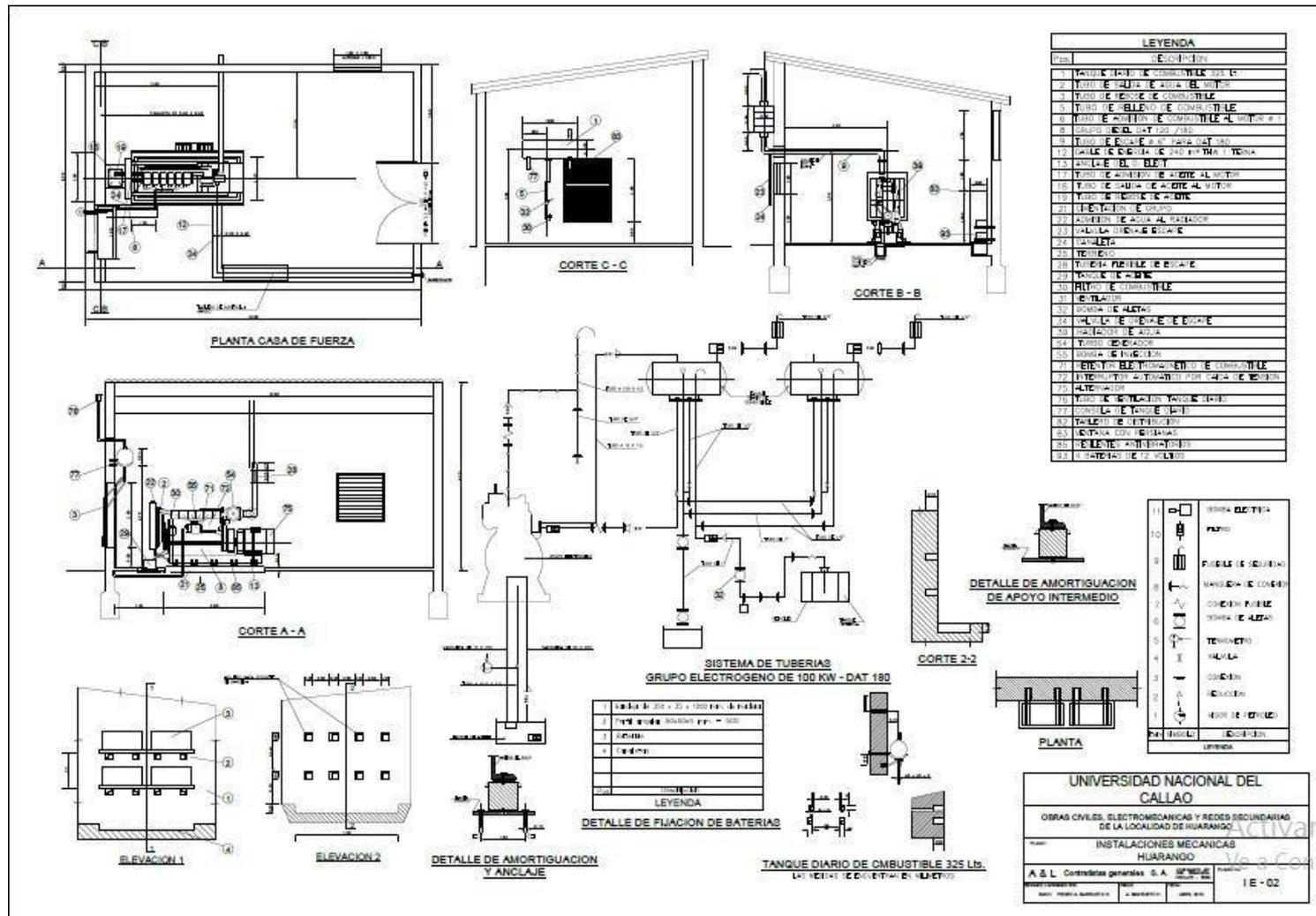
E - 01: Estructuras Huarango



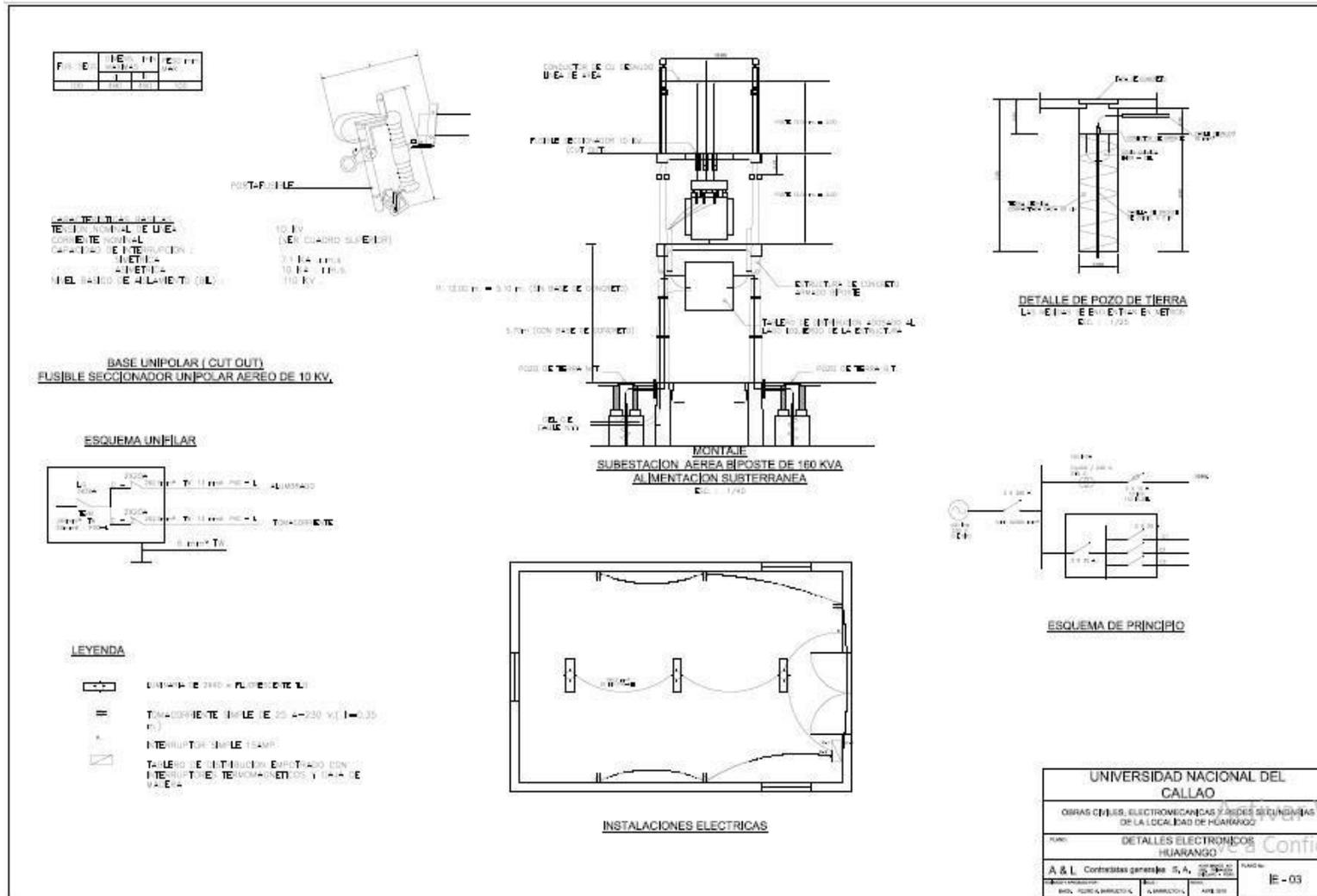
IE - 01: Grupo electrógeno 100 Kw DAT 180 Huarango



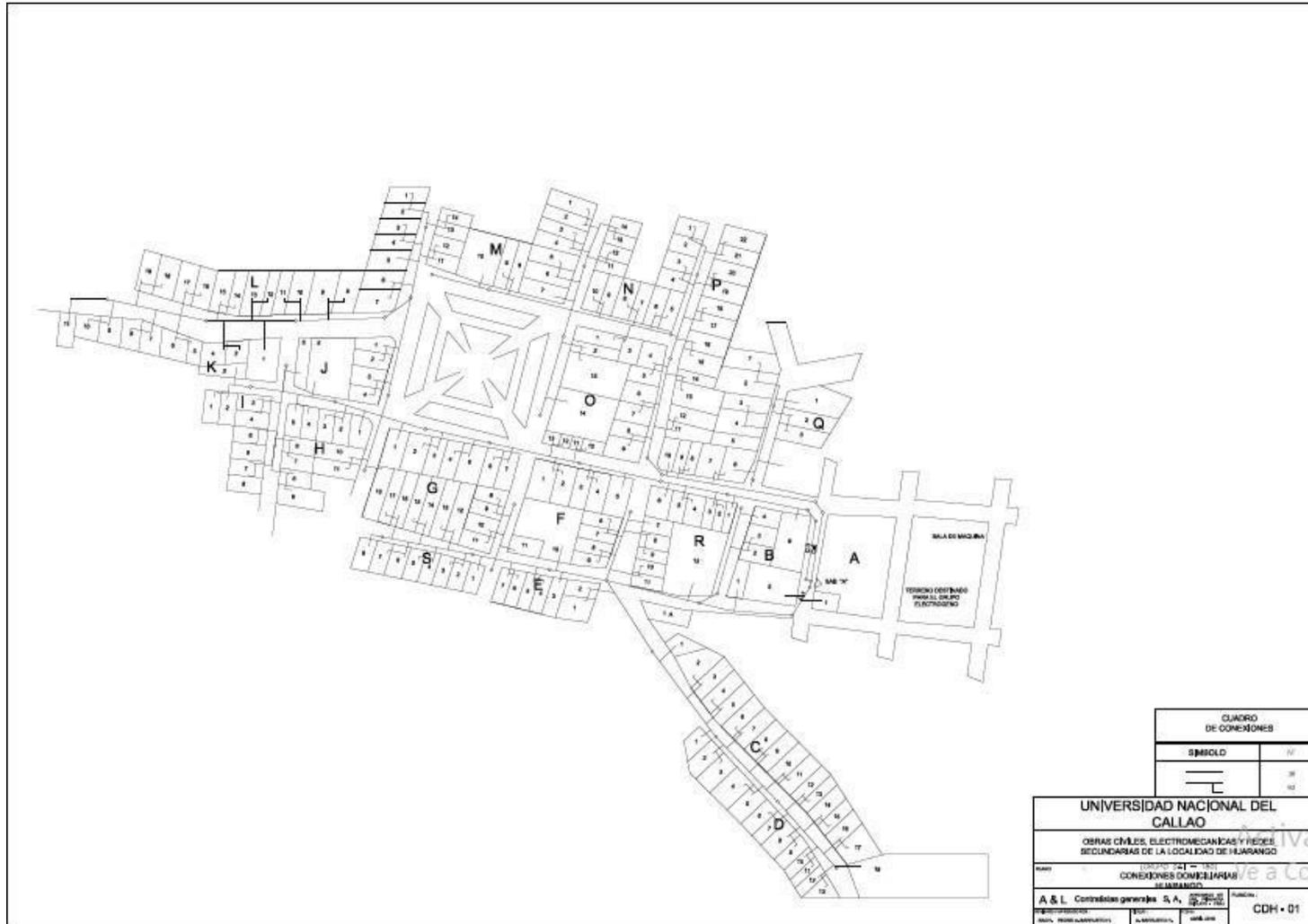
IE - 02: Instalaciones mecánicas Huarango



IE - 03: Detalles electrónicos Huarango



CDH - 01: Conexiones domiciliarias Huarango



A - 001: Ubicación Localidad de Huarango

