

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**DESARROLLO DE PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MONTAJE
DE CALDERA DE CICLO COMBINADO EN COGENERADORA
ACONCAGUA**

Trabajo de Titulación para optar al Título
Profesional de Ingeniero de Ejecución en
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno:

Hans Ulrich Klinger Carreras

Profesor Guía:

Sr. Felix Pizarro Martinez

2017

En este punto se llega al fin de una etapa, etapa a la cual no podría haber accedido sin el apoyo constante de la familia y de la gente que se encuentra a mí alrededor. Etapa que no podría haber llegado a su fin sin los conocimientos y valores entregados constantemente por los docentes de la universidad Técnica Federico Santa María. Los cuales me han permitido desenvolverse de buena manera como trabajador y a la vez como persona.

RESUMEN EJECUTIVO

KEYWORDS: CICLO COMBINADO, MONTAJE, PROGRAMACIÓN, PLANIFICACIÓN, MICROSOFT PROJECT, RUTA CRÍTICA, CARTA GANTT, CALDERA, TURBINA.

La Central Aconcagua es una planta generadora de energía que alimentará todos los requerimientos energéticos de la Refinería ENAP Con Con permitiendo además contar con una operación más estable y segura. Producirá energía en base a gas natural, y en un segundo ciclo, producirá vapor de alta presión, aproximadamente 125 ton/h para alimentar los procesos de la Refinería y producirá además aproximadamente 77 MW de potencia eléctrica, supliendo en su totalidad la demanda de la Refinería e inyectando los excedentes al Sistema Interconectado Central (SIC).

La empresa encargada de la construcción y puesta en marcha de Cogeneradora Aconcagua es la empresa española Duro Felguera S.A.

Se describen los equipos que componen una central de ciclo combinado y su funcionamiento, además se describen las características principales del proyecto.

Se realiza la planificación de las actividades principales que se coordinan en planta para lograr el montaje de los principales equipos que componen la central, indicando los recursos necesarios tanto humanos como materiales.

Se realiza una programación de las actividades, utilizando el software Microsoft Project, donde se dan a conocer las duraciones de las actividades junto con sus respectivas fechas de inicio y termino. Además se plantea un sistema de control y seguimiento de las actividades para verificar el correcto avance del proyecto y que este sea entregado en el tiempo definido por contrato, definiéndose una ruta crítica y las holguras que tienen las diferentes actividades.

Con lo anterior se logra llevar a cabo un seguimiento básico con respecto a la realización del montaje de una central termoeléctrica de ciclo combinado, dando a conocer los equipos principales que componen la central, su funcionamiento y las principales etapas que están presentes en un proyecto de estas características.

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO

OBJETIVOS

CAPÍTULO 1: CALDERA DE CICLO COMBINADO

- 1.1. ¿QUÉ ES UNA CALDERA DE CICLO COMBINADO?
 - 1.1.1. Funcionamiento
- 1.2. PROYECTO COGENERADORA ACONCAGUA
 - 1.2.1. Especificaciones generales
 - 1.2.2. Duro Felguera S.A.
 - 1.2.3. Ubicación
- 1.3. EQUIPOS QUE COMPONEN LA CALDERA DE CICLO COMBINADO
 - 1.3.1. Turbina de gas
 - 1.3.2. Generador eléctrico
 - 1.3.3. Generador de vapor (HRSG)
 - 1.3.4. Sistemas complementarios

CAPÍTULO 2: PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES

- 2.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO
 - 2.1.1. Lay Out
 - 2.1.2. Nivelación del terreno
- 2.2. MONTAJE DE TURBINA - GENERADOR
 - 2.2.1. Traslado
 - 2.2.2. Armado de Megalift
 - 2.2.3. Montaje de turbina
 - 2.2.4. Montaje del generador
 - 2.2.5. Montaje de reductor
- 2.3. ALINEAMIENTO DE LOS EQUIPOS
 - 2.3.1. Recursos necesarios
 - 2.3.2. Descripción de la actividad
- 2.4. MONTAJE DEL HRSG

CAPÍTULO 3: PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE ACTIVIDADES

- 3.1. PROGRAMACIÓN DE LAS ACTIVIDADES
 - 3.1.1. Calendario de realización
 - 3.1.2. Actividades a programar

- 3.1.3. Tiempos de realización de las actividades
- 3.1.4. Asignación de recursos
- 3.2. CONTROL DE LAS ACTIVIDADES
- 3.2.1. Administración de la construcción
- 3.2.2. Fechas de estado
- 3.2.3. Programación bisemanal
- 3.2.4. Línea base
- 3.2.5. Ruta crítica
- 3.3. SEGUIMIENTO Y MONITOREO
- 3.3.1. Avance de actividades
- 3.3.2. Reprogramación de actividades
- 3.3.3. Avance planificado v/s avance real
- 3.4. AVANCE DE LA OBRA

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXOS

- ANEXO A: CHECK LIST PROGRAMACIÓN BISEMANTAL
- ANEXO B: CARTA GANTT
- ANEXO C: DIAGRAMA DE RED

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1-1. Caldera de ciclo combinado
- Figura 1-2. Esquema de una caldera de ciclo combinado
- Figura 1-3. Maqueta de cogeneradora Aconcagua
- Figura 1-4. Ubicación de cogeneradora Aconcagua
- Figura 1-5. Partes principales de una turbina de gas
- Figura 1-6. Vista en corte turbina GE 6F-03
- Figura 1-7. Caldera de recuperación de calor
- Figura 1-8. Esquema de caldera de recuperación
- Figura 1-9. Flujo de gases, agua y vapor
- Figura 1-10. Esquema de caldera de ciclo combinado
- Figura 2-1. Disposición de los equipos
- Figura 2-2. Maqueta 3D de las instalaciones
- Figura 2-3. Remolque de transporte para turbina de gas
- Figura 2-4. Remolque de transporte para generador eléctrico

Figura 2-5. Ruta de traslado turbina – generador

Figura 2-6. Megalift en operaciones de levante

Figura 2-7. Partes del Megalift

Figura 2-8. Gatas Hidráulicas Megalift

Figura 2-9. Central hidráulica

Figura 2-10. Vigas, argollas, estrobos, grilletes

Figura 2-11. Carriles de desplazamiento

Figura 2-12. Inicio de izaje turbinas

Figura 2-13. Primera detención

Figura 2-14. Segunda detención

Figura 2-15. Tercera detención

Figura 2-16. Posicionamiento final de la turbina

Figura 2-17. Metros lineales de carriles de desplazamiento

Figura 2-18. Inicio de izaje del generador

Figura 2-19. Primera y única detención

Figura 2-20. Posicionamiento final del generador

Figura 2-21. Descarga y montaje del reductor

Figura 2-22. Porta power

Figura 2-23. Reloj comparador

Figura 2-24. Lainas

Figura 2-25. Alineamiento de equipos

Figura 2-26. Maqueta del HRSG terminado

Figura 3-1. Actividades a programar

Figura 3-2. Fechas de inicio y termino de actividades

Figura 3-3. Carta Gantt del programa

Figura 3-4. Hoja de recursos

Figura 3-5. Hoja de recursos

Figura 3-6. Recursos asignados

Figura 3-7. Fechas de estado

Figura 3-8. Check list para el control de actividades

Figura 3-9. Líneas base de las actividades

Figura 3-10. Ruta crítica

Figura 3-11. Diagrama de red CPM

Figura 3-12. Recuadros de Diagrama de Red

Figura 3-13. Avance de actividades

Figura 3-14. Reprogramación de actividades no críticas

Figura 3-15. Reprogramación de actividad critica

Figura 3-16. Avance real v/s planificado

Figura 3-17. Hormigonado de pedestales

Figura 3-18. Izaje de turbina

Figura 3-19. Turbina siendo montada en su pedestal

Figura 3-20. Izaje de generador eléctrico

Fuente 3-21. Montaje generador eléctrico

Figura 3-22. Montaje de reductor

Figura 3-23. Avance actual de la obra

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Peso y dimensiones

Tabla 2-2. Descripción equipos de transporte

Tabla 2-3. Ruta de traslado Turbina - Generador

INTRODUCCIÓN

La generación de energía eléctrica es parte fundamental en la actualidad, por las crecientes tasas de demanda de este tipo de energía, es necesario construir centrales de generación de energía eléctrica con cada vez mayor frecuencia. A pesar de que la construcción de nuevas centrales de generación se ha vuelto algo importante y totalmente necesario estas generan un gran impacto ambiental en el lugar donde se construyen, haciendo necesario encontrar la mejor alternativa para realizar la generación de energía eléctrica.

Una de las alternativas más amigables con el medio ambiente son las centrales de generación de ciclo combinado, usando gas natural como combustible principal busca bajar las emisiones contaminantes expulsadas al medio ambiente.

El montaje de una central de tales características requiere de una gran cantidad de recursos, los que tienen que ser gestionados de la manera correcta, esto se logra definiendo las actividades requeridas para realizar el montaje y asignándoles los tiempos y recursos necesarios para que se logre de manera segura y oportuna la finalización del proyecto. Con la ayuda de la tecnología como lo son los softwares de gestión se logra realizar una planificación y una programación del montaje de una Caldera de Ciclo Combinado en cogeneradora Aconcagua.

OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es planificar y programar la coordinación en planta de actividades para el montaje de una caldera de ciclo combinado, para mostrar a grandes rasgos en que consiste un proyecto de estas características, los tiempos y plazos que se manejan, los trabajos que se realizan y los equipos que componen la central. Para llegar a lo anterior se plantea lo siguiente:

- Ilustrar que es una central de ciclo combinado y describir los equipos que la componen junto con sus características técnicas, de esta manera explicar cuál es el funcionamiento de la central y la finalidad que tiene este proyecto
- Describir las principales actividades, necesarias para la instalación de los equipos, de esta manera se explica a grandes rasgos cuales son los trabajos relacionados que se tienen que incorporar para llevar a cabo la instalación de una termoeléctrica de estas características.
- Presentar un modelo de Programación y Control de las actividades, en base a Ms Project, para mostrar los tiempos y plazos aproximados que se manejan durante la realización del montaje de una central de estas características y como afectan los retrasos de actividades críticas y no críticas.

CAPÍTULO 1: CALDERA DE CICLO COMBINADO

1. CALDERA DE CICLO COMBINADO

1.1. ¿QUÉ ES UNA CALDERA DE CICLO COMBINADO?

Es una planta que produce energía eléctrica con un generador accionado por una turbina de combustión, cuyo principal combustible es el gas natural. Los gases de escape de la combustión son aprovechados para calentar agua en una caldera de recuperación que a su vez emite vapor para accionar una segunda turbina, esta turbina a vapor puede accionar el mismo generador que la de gas u otro generador aparte, esto va a depender de la configuración que se le quiera dar entre ambas turbinas y el generador o generadores.



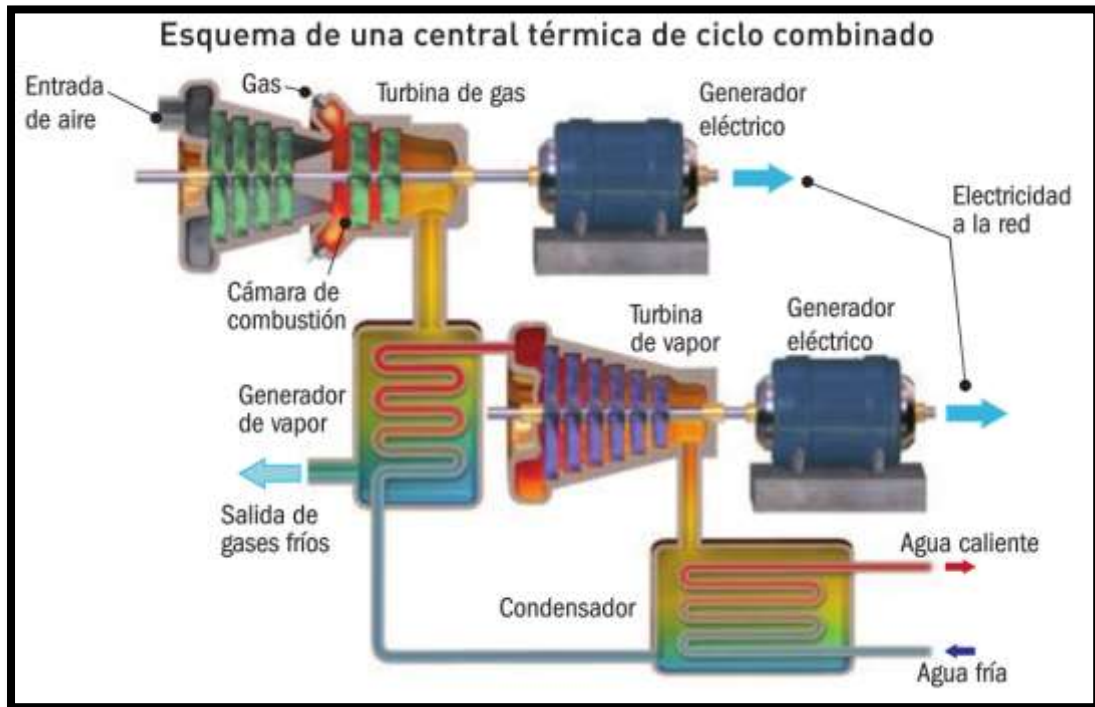
Fuente: Imagen extraída de www.vozpopuli.com

Figura 1-1. Caldera de ciclo combinado

En la Figura 1-1. Se aprecia una central de generación de energía eléctrica de ciclo combinado, se pueden ver también los diferentes equipos que la componen, los que se explicaran más adelante dentro de este capítulo.

1.1.1. Funcionamiento

En el siguiente esquema se ven los principales elementos que componen una caldera de ciclo combinado, en cada uno de estos elementos se desarrolla un proceso cuyo objetivo final es la generación de energía eléctrica.



Fuente: Imagen extraída de www.pelandintecno.blogspot.com

Figura 1-2. Esquema de una caldera de ciclo combinado

El proceso comienza con el aire que ingresa a través del compresor de la turbina a gas hacia la cámara de combustión de esta misma, donde el aire se mezcla con el combustible (principalmente gas natural). Los quemadores que posee la turbina de gas realizan la combustión de la mezcla aire combustible; los gases generados por la combustión posan a gran velocidad y alta temperatura a través de los alabes de la turbina transformando la energía térmica de los gases en energía mecánica rotativa. A través de un eje se transmite el movimiento a un generador eléctrico transformando la energía mecánica rotativa en energía eléctrica.

Los gases de escape a alta temperatura provenientes de la turbina de gas pasan al generador de vapor, que es un intercambiador de calor que aprovecha los gases de la combustión para calentar el agua de la caldera y convertirla en vapor. Los gases de escape bajan su temperatura y salen por una chimenea hacia la atmósfera.

El vapor generado pasa a la turbina de vapor en el caso que se quiera mover otro generador para generar más energía eléctrica y así aumentar la eficiencia, el vapor puede ser usado también en procesos industriales o en sistemas de calefacción centralizados. En el caso de que fuera utilizado en una turbina de vapor, este pasa a una temperatura y presión determinada, el vapor se expande y al expandirse se acelera, la energía cinética del vapor es transferida a unos alabes que están unidos al eje rotor de esta turbina transformando la energía cinética del vapor en energía mecánica rotativa. A través de un eje se transmite el movimiento a un generador eléctrico, el que puede ser el mismo al que esta acoplado la turbina de gas (configuración mono eje) u otro por separado transformando la energía mecánica rotativa en energía eléctrica.

A la salida de la turbina, el vapor que se introdujo tiene una presión y temperatura inferior pasando hacia el condensador, el que es un intercambiador de calor que utiliza agua para enfriar el vapor y devolver el agua de la caldera a su estado líquido, pudiendo ser el agua de refrigeración de un río, agua de mar o agua almacenada en un sistema cerrado dependiendo de la localización geográfica en donde se encuentra la planta.

En las plantas de generación de energía eléctrica este proceso se repite una y otra vez.

1.2. PROYECTO COGENERADORA ACONCAGUA

La Central Aconcagua es una planta generadora de energía que alimentará todos los requerimientos energéticos de la Refinería ENAP Con Con permitiendo además contar con una operación más estable y segura. Producirá energía en base a gas natural, y en un segundo ciclo, producirá vapor de alta presión, aproximadamente 125 ton/h para alimentar los procesos de la Refinería y producirá además aproximadamente 77 MW de potencia eléctrica, supliendo en su totalidad la demanda de la Refinería e inyectando los excedentes al Sistema Interconectado Central (SIC).

La empresa encargada de la construcción y puesta en marcha de Cogeneradora Aconcagua es la empresa española Duro Felguera S.A.



Fuente: Imagen extraída de www.durofelguera.com

Figura 1-3. Maqueta de cogeneradora Aconcagua

1.2.1. Especificaciones generales

Los principales componentes de la central son una turbina a gas natural marca General Electric modelo 6F equipada con quemadores de última generación (Dry Low Nox DLN) que permiten disminuir considerablemente las emisiones de NOx, una Caldera Recuperadora de Calor que operará aprovechando la energía de los gases de escape de la turbina de gas para generar el vapor de proceso.

- Potencia: 77 MW.
- Vapor generado: 125 ton/h

1.2.2. Duro Felguera S.A.

Es la empresa encargada del montaje y de la puesta en marcha de Cogeneradora Aconcagua.

Duro Felguera es un grupo empresarial con sede en la ciudad de Gijón, Asturias, España, especializado en la ejecución de proyectos "llave en mano" para los sectores energético, industrial, gas y petróleo. La compañía, a su vez, es especialista en la construcción de centrales de generación eléctrica. A su vez, Duro Felguera tiene una

amplia trayectoria internacional. Ha desarrollado importantes proyectos energéticos e industriales en diversos países de Latinoamérica, Europa, Asia y África.

1.2.3. Ubicación

Cogeneradora Aconcagua estará ubicada al Este de la ciudad de Con Con, aproximadamente a 1 Km de la orilla del mar y la desembocadura del Rio Aconcagua. El emplazamiento estará adyacente a la carretera pública F-32.



Fuente: Imagen extraída de especificaciones del proyecto cogeneradora Aconcagua

Figura 1-4. Ubicación de cogeneradora Aconcagua

1.3. EQUIPOS QUE COMPONEN LA CALDERA DE CICLO COMBINADO

Una caldera de Ciclo Combinado está compuesta por varios equipos que en conjunto cumplen con el objetivo de generar energía eléctrica y transferirla los lugares que sea necesario.

1.3.1. Turbina de gas

Las turbinas de gas son turbo maquinas que pertenecen al grupo de máquinas térmicas de generación. Su función es convertir la energía química del combustible en energía calórica, lo que se logra a través de la combustión del combustible utilizado por esta, luego de haberse realizado la combustión los gases de escape a alta temperatura transforman en la turbina esa energía calórica en energía mecánica rotativa la que se utiliza para mover un generador. Los gases a alta temperatura que ocupa la turbina se utilizan para la generación de vapor.

Los elementos principales que se distinguen en la turbina de gas son:

- Casa de filtros: Se encarga del filtrado del aire de admisión que se introduce al compresor, se componen de 2 primeras fases de filtrado grosero, y una última con filtro de luz del orden de las 5 micras. En este proceso se puede aplicar diferentes tecnologías para aumentar la humedad y disminuir la temperatura del aire.
- Sistema de combustible: Encargado de suministrar el combustible necesario a la cámara de combustión.
- Compresor de aire: Su función consiste en comprimir el aire de admisión, hasta la presión indicada para cada turbina, para introducirla en la cámara de combustión. Su diseño es principalmente axial y necesita un gran número de etapas, alrededor de 20 para una razón de compresión de 1:30, comparada con la turbina de expansión.

Su funcionamiento consiste en empujar el aires a través de cada etapa de alabes por un estrechamiento cada vez mayor, al trabajar en contra presión es un proceso que consume mucha energía, llegando a significar hasta el 60% de la energía producida por la turbina. Para disminuir la potencia necesaria para este proceso, puede optarse por un diseño que enfríe el aire en etapas intermedias, favoreciendo su compresión, aunque reduce la eficiencia de la turbina por la entrada más fría del aire en la cámara de combustión.

- Cámara de combustión: A pesar de los distintos tipos de cámaras de combustión todas ellas siguen un diseño general similar.

Cuanto mayor sea la temperatura de la combustión tanto mayor será la potencia que podamos desarrollar en nuestra turbina, es por ello que el diseño de las cámaras de combustión está enfocado a soportar temperaturas máximas, superiores a los 1000 °C, mediante recubrimientos cerámicos, pero a su vez evitar que el calor producido dañe otras partes de la turbina que no está diseñadas para soportar tan altas temperaturas.

Están diseñadas mediante una doble cámara:

Cámara interior: Se produce la mezcla del combustible, mediante los inyectores, y el comburente, que rodea y accede a ésta mediante distribuidores desde la cámara exterior en 3 fases. En la primera se da la mezcla con el combustible y su combustión mediante una llama piloto, en el paso posterior se introduce una mayor cantidad de aire para asegurar la combustión completa, y por último y antes de la salida de los gases a la turbina de expansión se introduce el resto del aire comprimido para refrigerar los gases de escape y que no dañen las estructuras y equipos posteriores.

Cámara exterior: Se ocupa de recoger el comburente, aire, proveniente del compresor, hacerlo circular por el exterior de la cámara interior para refrigerar los paneles cerámicos, y a su vez distribuir la entrada de aire a la cámara interior de forma adecuada.

- **Turbina de expansión:** Está diseñada para aprovechar la velocidad de salida de los gases de combustión y convertir su energía cinética en energía mecánica rotacional. Todas sus etapas son por lo tanto de reacción, y deben generar la suficiente energía para alimentar al compresor y la producción de energía eléctrica en el generador. Suele estar compuesta por 4 o 5 etapas, cada una de ellas integrada por una corona de alabes con un adecuado diseño aerodinámico, que son los encargados de hacer girar el rotor al que están unidos solidariamente. Además de estos, hay antes de cada etapa un conjunto de alabes fijos sujetos a la carcasa, y cuya misión es redireccionar el aire de salida de la cámara de combustión y de cada etapa en la dirección adecuada hasta la siguiente.

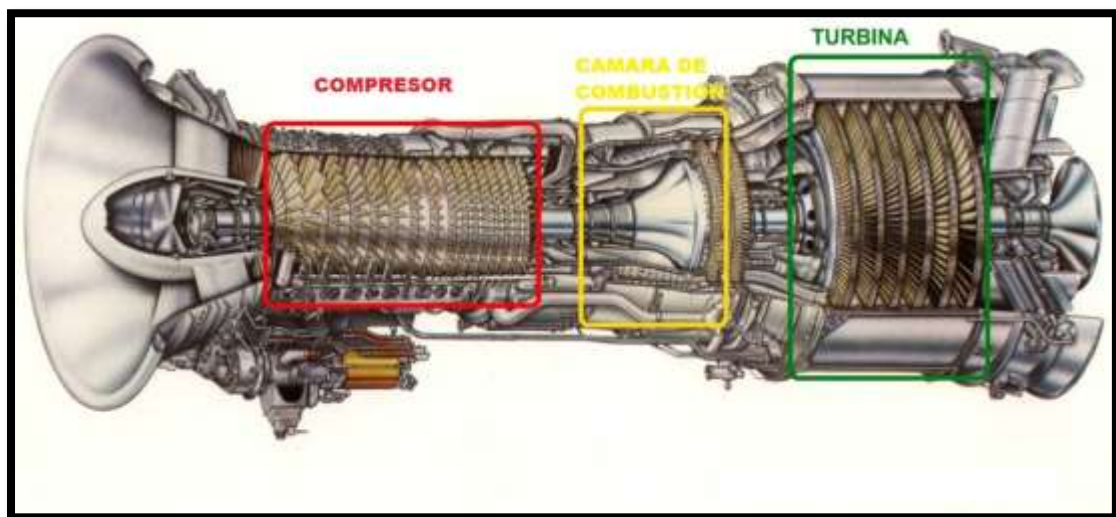
Los alabes deben estar recubiertos por material cerámico para soportar las altas temperaturas, además, un flujo de aire refrigerador proveniente del compresor los atraviesa internamente, saliendo al exterior por pequeños orificios practicados a lo largo de toda su superficie.

- **Carcasa:** La carcasa protege y aísla el interior de la turbina pudiéndose dividir en 3 secciones longitudinales:

Carcasa del compresor: Está compuesta por una única capa para soporte de los alabes fijos y para conducción del aire de refrigeración a etapas posteriores de la turbina de gas.

Carcasa de la cámara de combustión: Tiene múltiples capas, para protección térmica, mecánica y distribución de aire para las 3 fases en que se introduce el aire en la combustión.

Carcasa de la turbina de expansión: Cuenta al menos con 2 capas, una interna de sujeción de los alabes fijos y otra externa para la distribución del aire de refrigeración por el interior de los alabes. Debe también de proveer protección térmica frente al exterior.



Fuente: Imagen extraída apuntes sobre turbinas Duro Felguera S.A

Figura 1-5. Partes principales de una turbina de gas

1.3.1.1. Especificaciones técnicas

- Marca: General Electric
- Modelo: 6F-03
- Potencia: 80 MW
- Combustible: Gas natural
- Sistema de combustión: DLN2.6dry, cámaras de combustión de bajas emisiones de NOx.



Fuente: Imagen extraída de www.powergen.com

Figura 1-6. Vista en corte turbina GE 6F-03

1.3.2. Generador eléctrico

Es conducido por la turbina de gas y transforma la energía mecánica rotativa en energía eléctrica.

El generador eléctrico será de tipo sincrónico de 50 Hz y 3000 RPM marca General Electric.

1.3.3. Generador de vapor (HRSG)

También conocido como caldera de recuperación de calor o HRSG (Heat Recovery Steam Generator) en un ciclo combinado es el elemento encargado de aprovechar la energía de los gases de escape de la turbina de gas transformándola en vapor.

Con posterioridad, ese vapor puede transformarse en electricidad por una turbina de gas, ser utilizado en procesos industriales o en sistemas de calefacción centralizados.



Fuente: Imagen extraída de www.opex-energy.com

Figura 1-7. Caldera de recuperación de calor

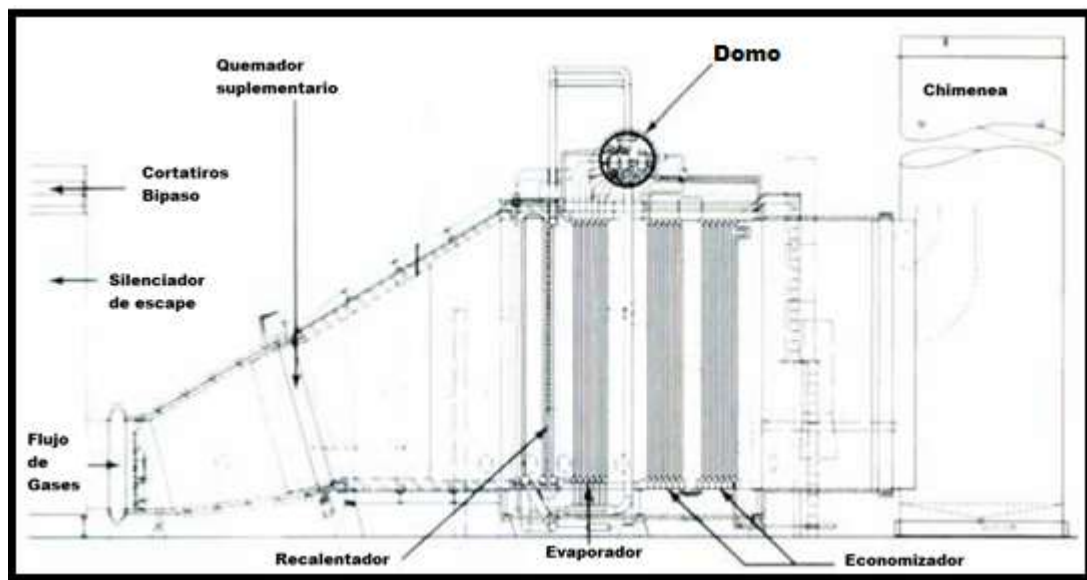
1.3.3.1. Elementos que componen una caldera de recuperación

Las partes principales de una caldera de recuperación de calor son:

- Desgasificador, es el encargado de eliminar los gases disueltos en el agua de alimentación, oxígeno principalmente y otros gases que podrían provocar corrosiones.
- Tanque de agua de alimentación, depósito donde se acumula el agua que alimenta al sistema, esta agua debe ser muy pura para evitar impurezas que podrían obstruir los conductos, erosionarlos o corroerlos por las sustancias que llevan con ellos.
- Domo de vapor, es el lugar de donde se alimenta el evaporador de agua y el sobre calentador de vapor. Puede haber diferentes tipos de domos según la turbina de vapor que alimenten ya sean de baja, media o alta presión.
- Bombas de alimentación, son las encargadas de enviar el agua desde el tanque de agua de alimentación a su domo de vapor correspondiente.

- Economizadores, son los intercambiadores encargados de precalentar el agua de alimentación con el calor residual de los gases de escape, aprovechando su energía con lo que se aumenta el rendimiento de la instalación y se evitan saltos bruscos de temperatura en la entrada de agua.
- Evaporadores, son intercambiadores que aprovechan el calor de los gases de escape de temperatura intermedia para evaporar el agua a la presión del circuito correspondiente, la circulación del agua a través de ellos puede ser forzada o natural, en la forzada se utilizan bombas y en la natural el efecto termosifón, aunque también se usan bombas en los momentos de arranque o cuando sea necesario, devolviendo el vapor al domo.
- Sobre calentadores y Recalentadores, son los intercambiadores que se encuentran en la parte más cercana a la entrada de los gases procedentes de la combustión en la turbina de gas, el vapor que sale ya está listo para ser enviado a la turbina de vapor, este vapor debe ser lo más puro posible y debe ir libre de gotas de agua que deteriorarían el sistema, también se debe tener controlada la temperatura y presión del vapor para evitar estrés térmico en los diferentes componentes.

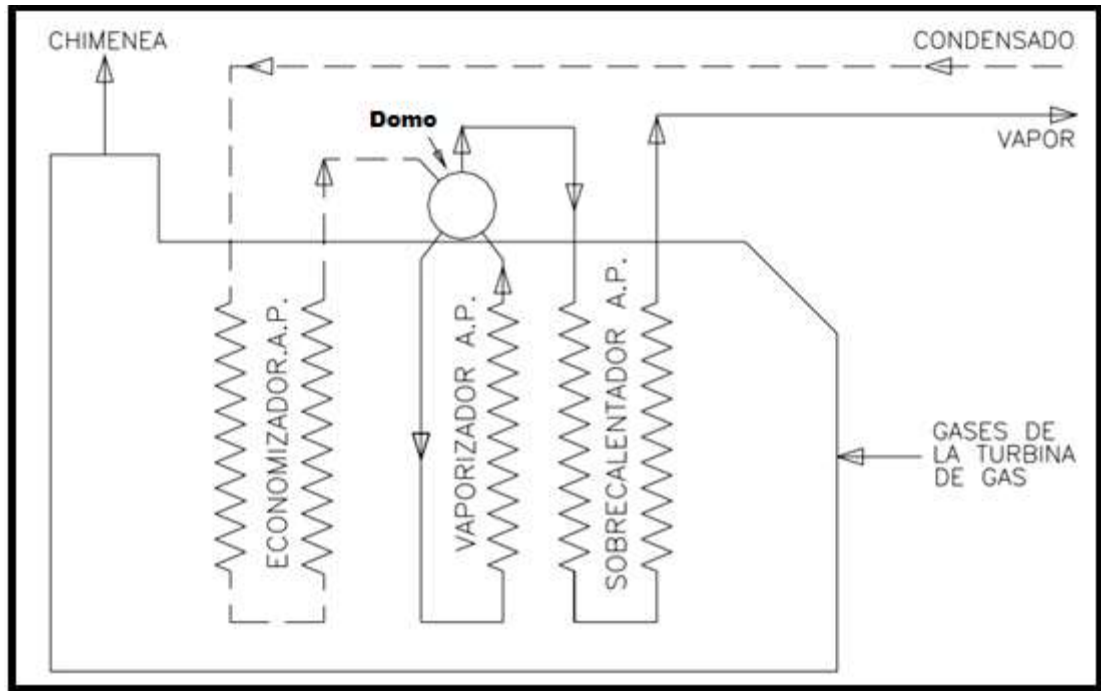
En la figura 1-8 se aprecia el esquema de una caldera de recuperación de calor básica en donde se reconocen los elementos que la componen.



Fuente: Imagen extraída de Duro Felguera S.A apuntes de calderas

Figura 1-8. Esquema de caldera de recuperación

En la figura 1-9 se aprecia un esquema de una caldera de recuperación, en donde se distinguen la dirección en la que viajan los fluidos en cada uno de sus elementos.



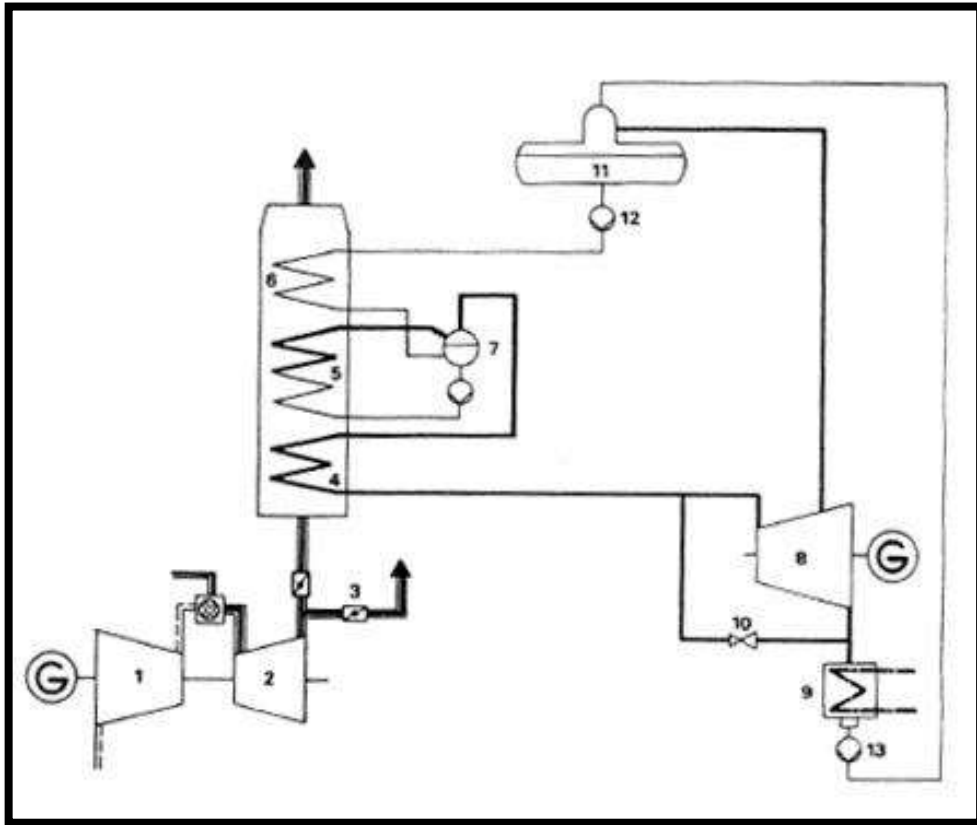
Fuente: Imagen extraída de Duro Felguera S.A apuntes de calderas

Figura 1-9. Flujo de gases, agua y vapor

En la figura 1-10 se aprecia el sistema completo de una caldera de ciclo combinado y todos sus componentes, en especial la caldera de recuperación (HRSG), donde:

- 1) Compresor.
- 2) Turbina de Gas.
- 3) By-pass
- 4) Sobrecalentador o recalentador.
- 5) Evaporador.
- 6) Economizador.
- 7) Domo.
- 8) Turbina de vapor/ Procesos Industriales/ Calefacción.
- 9) Condensador.
- 10) By-pass de vapor.
- 11) Depósito de agua de alimentación/ Desgasificador.

- 12) Bomba de alimentación.
- 13) Bomba de condensado.



Fuente: Imagen extraída de www.opex-energy.com

Figura 1-10. Esquema de caldera de ciclo combinado

1.3.3.2. Especificaciones

La caldera será horizontal de circulación natural, con domo de vapor y desaireador integral con solo una presión de trabajo. Recibirá el calor, necesario para la generación de vapor, directamente desde los gases de escape que se descargarán desde la turbina. Los gases entrarán a la caldera y circularán al interior de la misma, a través de diferentes serpentines de tubos. La caldera generará un flujo total de 125 ton/h de vapor a 420 °C y 62 bar como máximo.

1.3.4. Sistemas complementarios

- **Bombas de Alimentación de Agua a las Calderas Recuperadoras de Calor:** Contará con dos bombas de alimentación de agua, cuya función será mantener

un flujo y presión permanente de este insumo. Serán centrífugas, de múltiples etapas, y se ubicarán en las proximidades de la caldera y se conectarán, en su succión, con el desaireador.

- **Sistema de Condensado:** El condensado que retornará a la Planta Cogeneradora desde las instalaciones existentes en Refinería, será impulsado mediante una estación de bombeo, que contará con un sistema que detectará la eventual contaminación del condensado a través de la medición del parámetro correspondiente a la conductividad y que se ubicará en el circuito de retorno, a la entrada del sistema de filtros y pulidor de la Planta Cogeneradora. En régimen normal, todo el condensado que provendrá de Refinería, será pasado por filtros, del tipo duplex, para su limpieza permanente. Luego, en caso que se midiesen valores de conductividad superiores a los de diseño de la caldera recuperadora de calor, el condensado será enviado automáticamente a la planta pulidora donde será reacondicionado antes de su envío al estanque de agua condensada y de reingresarlo al sistema de agua de alimentación de las calderas, a través de los respectivos desaireadores. El porcentaje de condensado que volverá a la Planta Cogeneradora, será de 55%.
- **Planta Pulidora:** Se ubicará antes del ingreso a la caldera recuperadora de calor y al sistema de agua de alimentación a las mismas, y aledaña a la planta desmineralizadora. Consistirá en filtros duplex, con cartridge y dos desmineralizadores convencionales, del tipo intercambio iónico con resinas, para operación en paralelo. Tendrá como objetivo acondicionar el agua a los niveles de conductividad aptos para su uso en las calderas recuperadoras de calor.
- **Planta Desmineralizadora:** Se instalará una planta que tendrá una capacidad de 4.350 m³/día. Estará compuesta por una planta de osmosis inversa, que realizará un pretratamiento del agua que provendrá de pozos que se implementarán para la ejecución del proyecto; y, por una planta modular de electrodeionización (EDI), que realizará una desmineralización fina del agua, después del proceso anterior.
- **Sistema de Instrumentación y Control:** El control de la Planta será diseñado de manera que se dispusiese de una operación centralizada, con dos operadores en sala de control y dos operadores en terreno. Esta condición se logrará mediante Programadores Lógicos de Control (PLC) y un Sistema de Control Distribuido (DCS) donde se integrarán y analizarán los datos operacionales de todos los equipos de la Planta, es decir, la turbina de combustión, la caldera recuperadora, el sistema de distribución de gas y todos los demás equipos

relacionados. El sistema principal de control se ubicará en la sala de control, que, a su vez, se ubicarán en un área del edificio de administración; mientras que los equipos electrónicos, necesarios para procesar las señales de entrada y salida, se ubicarán en una sala adyacente.

- **Subestación Eléctrica:** De 110 kV que unirá la Planta Cogeneradora con la Subestación Mauco, también de 110 KV, mediante cable, con doble circuito, que irán sobre una estructura o rack. La distancia entre la Planta Cogeneradora y la Subestación Mauco, será de 1 km, aproximadamente.

CAPÍTULO 2: PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES

2. PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES

En este capítulo se planificarán las actividades necesarias para realizar la instalación de los principales equipos que componen la instalación, además se definirán los recursos necesarios para realizar cada una de las tareas requeridas para la realización del montaje en planta. La planificación de actividades abarcará el montaje de la turbina de gas junto con su generador, reductor y caldera.

2.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO

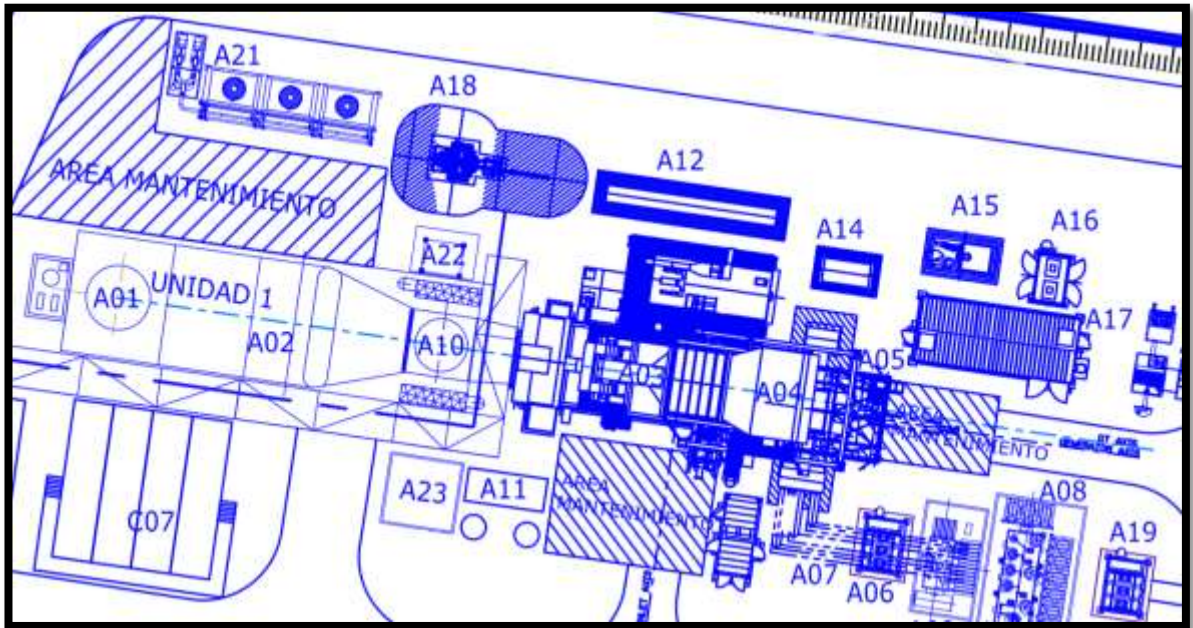
En esta etapa se prepara el terreno para realizar de la mejor manera el montaje de todos los equipos que componen la planta. Se realiza un Lay Out de la disposición que tendrán los equipos y se planifican las actividades necesarias para realizar una buena preparación del terreno y así proseguir con el montaje.

2.1.1. Lay Out

Se planifica y se establece la mejor disposición de los equipos en terreno, o sea en qué dirección quedarán con respecto a algún punto del establecimiento.

La disposición de los equipos se puede apreciar en la figura 2-1 destacándose:

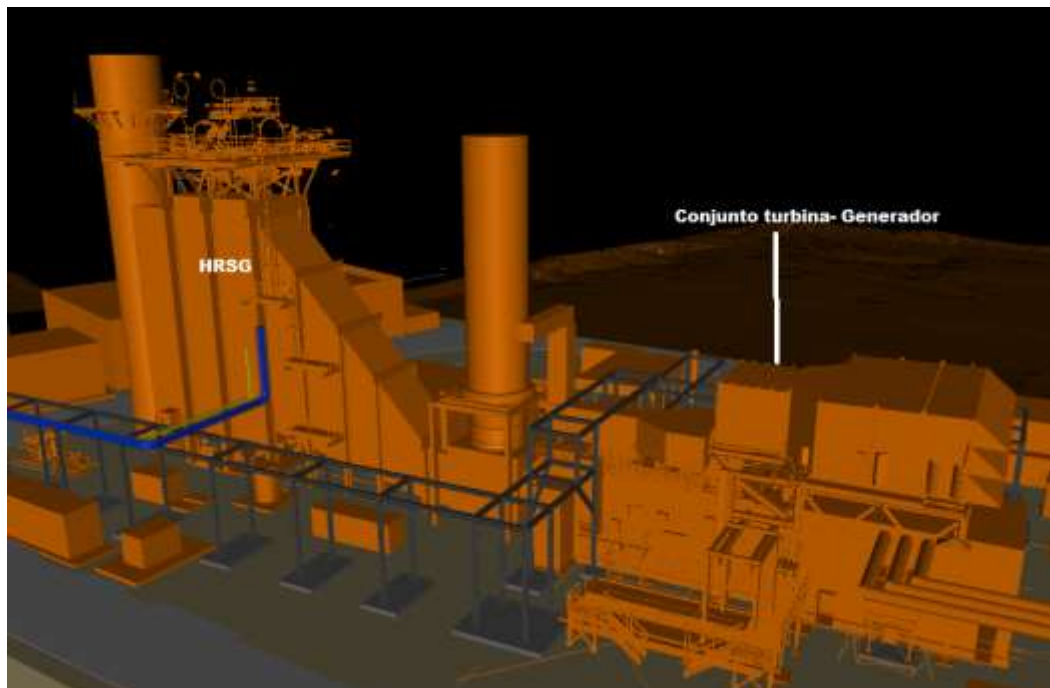
- A05: Generador eléctrico.
- A03: Turbina de Gas.
- A02: Caldera recuperadora.



Fuente: Imagen extraída de Duro Felguera S.A

Figura 2-1. Disposición de los equipos

En la figura 2-2 se aprecian lo equipos montados como deberían quedar una vez terminadas la obras.



Fuente: Duro Felguera S.A

Figura 2-2. Maqueta 3D de las instalaciones

2.1.2. Nivelación del terreno

Las obras que se llevarán a cabo consisten en desbrozar, limpiar y sacar la primera capa de material y su transporte al lugar definido para vertido.

Tras esta primera actividad se inician los trabajos correspondientes a excavaciones y rellenos compactados estructurales conformados por material estabilizado con un tamaño máximo de 4" hasta la materialización de la plataforma donde se ubicará la instalación.

Para lo anterior se usaran equipos tales como:

- Excavadoras
- Camiones Tolva capacidad de 25 m³
- Rodillos Compactadores de 10 ton dinámico.
- Motoniveladora.
- Bulldozer Mod D-6

2.1.2.1. Pedestales para el montaje de turbina y generador

Los pedestales de la fundación de hormigón están conformados por fierros de 32 y 16 mm de diámetro los que unidos entre si dan forma a un rectángulo de 22.612 mm de largo por 3.343 mm Ancho y 2.550 mm de Altura en los cuales se dejan recesos para instalación de pernos de anclaje de la turbina y el generador, cañerías de A/C para evacuación de derrames de agua en la etapa de operación y cañería conduit eléctricos para la canalización de cables.

A esta misma enfierradura se conectan cables de cobre desnudos las que posteriormente se conectaran a la línea malla de tierra perimetral y equipos.

Luego de esta actividad se instalan moldajes perimetrales los que servirán para contener el hormigón que se vaciara en el interior y así conformar el pedestal que soportará la turbina y el generador.

Luego se realiza el vaciado de hormigón para los pedestales lo que consiste una actividad continua en donde se vacía hormigón denominado H35 lo que indica la resistencia que tendrá a los 28 días de fraguado. (350kgxcm²).

2.2. MONTAJE DE TURBINA - GENERADOR

En esta parte del capítulo se establecerán y coordinarán las actividades necesarias para llegar a la instalación de la turbina de gas y el generador eléctrico. Cada etapa en este punto será esencial para terminar con un correcto montaje del conjunto.

2.2.1. Traslado

En este punto se planificarán las actividades para coordinar el traslado de la turbina de gas General Electric 6F-03 y el generador eléctrico que irá acoplado a esta.

2.2.1.1. Descripción de la carga, sus dimensiones y su peso

En la siguiente tabla se indican las dimensiones y el peso de los equipos que se transportarán.

Tabla 2-1. Peso y dimensiones

Descripción	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)	Peso (ton)
Turbina Gas	3,64	4,69	9,90	93,7
Generador 6FA	3,56	3,50	9,10	148,372

2.2.1.2. Descripción del equipo de transporte

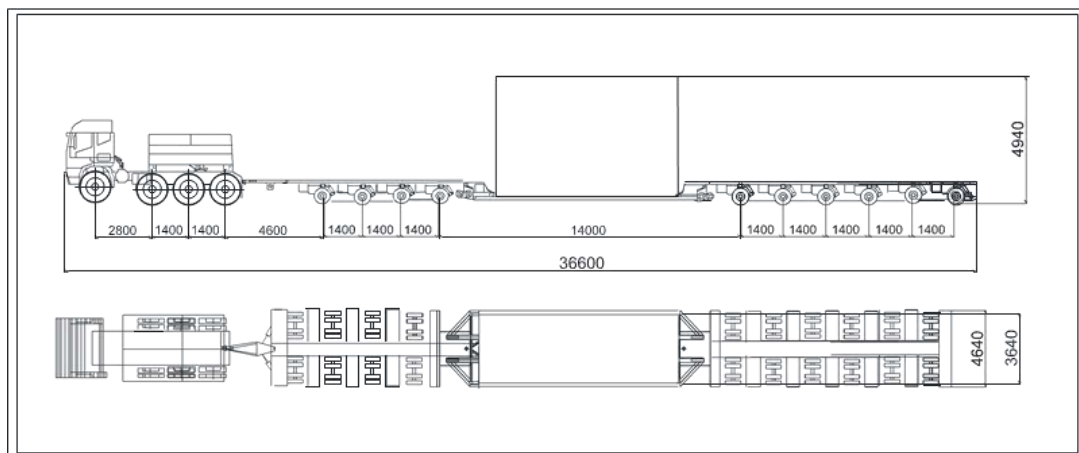
El transporte de la Turbina gas y del Generador tendrán las siguientes características para el equipo de transporte respectivamente:

Tabla 2-2. Descripción equipos de transporte

Tracto Camión		Remolque				
Primer Eje	Segundo Eje	Tercer Eje	Cuarto Eje	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)
(S)	(D) (D) (D)	Ox4	Ox6	4,64	0,25	26,4
(S)	(D) (D) (D)	Ox18	N/A	3,10	1,00	31,0

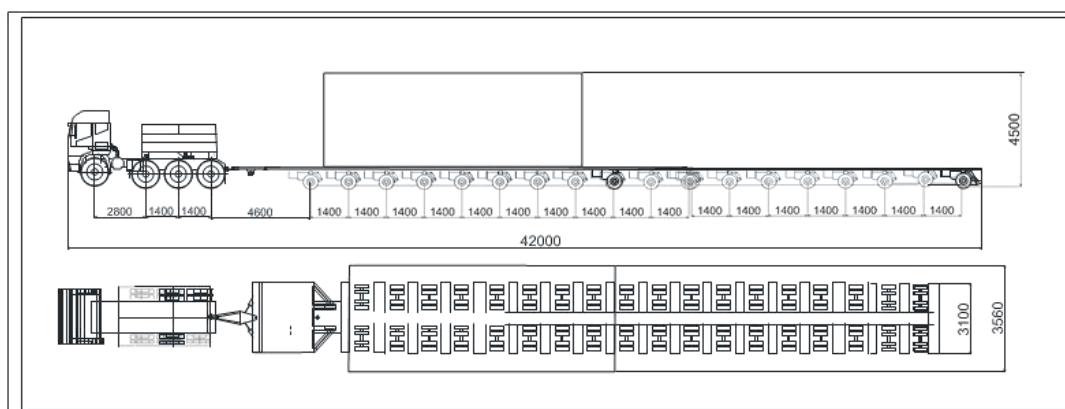
En la tabla 2.2 se describe el transporte a utilizar para la turbina en la primera fila y para el generador en la segunda, la letra S en el primer recuadro hace alusión al número de ejes en la parte delantera del tracto camión que en es uno para ambos casos, luego en el segundo recuadro la letra D hace alusión al número de ejes en la parte posterior del tracto camión que para ambos casos son tres. Luego el tercer recuadro hace alusión al número de ejes seguidos que posee el remolque que para el caso del remolque para el generador son 18 seguidos, y para el caso del remolque para la turbina son 4 en la parte delantera y 6 en la parte posterior ya que se trata de una cama baja. Estas descripciones se pueden apreciar de mejor manera en las figuras 2-3 y 2-4.

En las Figuras 2-3 y 2-4 se aprecian las características de los remolques que llevaran la Turbina de Gas y el Generador Eléctrico respectivamente desde el Puerto de Valparaíso hacia lugar donde se realizara el montaje en Con Con.



Fuente: Duro Felguera S.A

Figura 2-3. Remolque de transporte para turbina de gas



Fuente: Duro Felguera S.A

Figura 2-4. Remolque de transporte para generador eléctrico

2.2.1.3. Ruta de traslado

El traslado se debe realizar desde el Puerto de Valparaíso hacia el lugar de montaje ubicado en Con Con, donde se desarrolla el Proyecto cogeneradora Aconcagua, trazando una ruta que sea conveniente para realizar el traslado seguro y sin inconvenientes. Para lograr esto se deberá trazar la ruta, una vez trazada la ruta se pedirán los permisos a las autoridades correspondientes a cada localidad por donde deberán circular los remolques con los equipos.



Fuente: Imagen extraída de Duro Felguera S.A

Figura 2-5. Ruta de traslado turbina – generador

En la Figura 2-5 se aprecia la ruta de traslado de la Turbina con el generador. Para lograr un traslado seguro y con el menor impacto posible se tomarán una serie de medidas, tales como establecer puntos de parada, rutas en las cuales se transitará de noche, límites de velocidad entre otros.

En las Tabla 2-3 y 2-4 se muestra la ruta que se debe recorrer, para que la Turbina y el Generador lleguen al lugar de montaje en Con Con.

Tabla 2-3. Ruta de traslado Turbina - Generador

Ruta	Origen	Destino	Concesión
Av. Errazuriz	Puerto Valparaíso	Enlace Av. Francia	N/A
Av. Francia	Enlace Av. Errazuriz	Enlace Av. Pedro Montt	N/A
Av. Pedro Montt	Enlace Av. Francia	Enlace Av. Argentina	N/A
Av. Argentina	Enlace Av. Errazuriz	Enlace Av. Ossa	N/A
Av. Ossa	Enlace Av. Argentina	Enlace Ruta 68	N/A
68	Enlace Av. Ossa	Enlace Ruta F- 50	Rutas del
F-50	Enlace Ruta 68	Enlace Ruta F- 560	N/A
F-560	Enlace Ruta F-50	Enlace Ruta 60 CH	N/A
60 CH	Enlace Ruta F-560	Enlace Ruta 62	Autopista Los Andes
62	Enlace Ruta 60 CH	Enlace Ruta F-390	N/A
F-390	Enlace Ruta 62	Enlace Ruta 64	N/A
64	Enlace Ruta F-390	Enlace Ruta F-190	N/A
F-190	Enlace Ruta 64	Enlace Camino Privado	N/A
Camino Privado	Enlace Ruta F- 190	Enlace Ruta 64	N/A
64	Enlace Camino Privado	Enlace Ruta F-32	N/A
F-32	Enlace Ruta 64	Concón (Av. Borgoño 25777)	N/A

2.2.2. Armado de Megalift

El Megalift es un puente grúa el cual se armara en la zona de montaje para realizar el traslado de la Turbina y el Generador desde el remolque hasta sus respectivos pedestales.



Fuente: Imagen extraída de www.javiercortes.com/es/proyectos-transportes.php

Figura 2-6. Megalift en operaciones de levante

2.2.2.1. Equipos y materiales

A continuación se enlistan los equipos y materiales utilizados para el armado del Portico Megalift.

- Equipos:
 - Tracto Camión-Cama Baja.
 - Camión pluma.

El camión es utilizado para trasladar las partes que componen el Megalift y el camión pluma es utilizado para mover y colocar las partes que componen el Megalift en su lugar específico durante el armado de este.

- Materiales:

A continuación se nombran los elementos necesarios para el izaje de las partes del Megalift durante su armado, y las partes principales que componen a este.

- Cadenas.
- Trinquetes de Amarre.
- Durmientes.
- Cuerdas de izaje.
- 4 Unidades Hidráulicas Motorizadas.
- 6 Carrileras de 6 mts de Largo c/u.
- 4 Pórticos hidráulicos con 2 Cilindros Hidráulicos c/u.
- 2 Vigas con Capacidad de 336 Ton. c/u.
- 4 Estrobos de 2 ½" c/u.
- 4 Grilletes de 85 Ton. c/u.
- 4 Argollas de Izaje de 7 Ton. c/u.
- Conos de seguridad o Barreras duras.

- Herramientas:

Estas son las herramientas necesarias que se utilizaran para el armado.

- Juego de llaves punta corona.

2.2.2.2. Personal que desarrollara la actividad

El personal requerido para realizar el montaje del Portico Megalift es el siguiente:

- 1 Supervisor.
- 2 Operadores Megalift.
- 4 Ayudantes de Montaje.
- 1 Operador de camión pluma.

2.2.2.3. Descripción de la actividad de armado de Megalift

Esta actividad consiste en realizar el armado de megalift en subestación Aconcagua, para posteriormente ejecutar descarga de (Generador y turbina), para el armado se considerara lo siguiente:

- El camión quedara posicionado a 1,5 metros en ambos costados de Megalift y la distancia que quedara el Megalift de la fundación es de 32 metros.



Fuente: Fotografía tomada en terreno, cogeneradora Aconcgua

Figura 2-7. Posicionamiento para montaje de Megalift

- El Ingeniero Residente debe realizar coordinación previa, indicando quienes serán los participantes y responsables en las actividades de:
 - Confinar Área de Influencia y línea de fuego.
 - Inspección de lugar de Armado de Megalift y descarga, debe estar libre de obstáculos en 60 metros de longitud x 30 de ancho.
 - Una vez verificado, Supervisor e Ingeniero en Prevención de Riesgos debe realizar coordinación, difusión de PTS, charla de seguridad, guiar el ART y realizar chequeo previo de EPP, camión pluma y check list.
- Previo a comenzar el desarrollo de su trabajo, los trabajadores de las empresas involucradas deberán revisar minuciosamente que tracto camión-cama baja se encuentre con motor detenido, ruedas acuñadas y elementos de afianzamiento de componentes de Megalift sueltos y sin la presencia del operador de camión por el área.
- Luego de revisado el equipo y si éste no presenta anomalías que impidan la operación normal, se comenzará con la descarga de las carrileras mediante camión pluma izándolos con eslingas y ayudados por dos cuerdas de izaje

con dos ayudantes de montaje, ubicándolos a 4.50 metros de distancia entre ellos y de forma paralela.



Fuente: Fotografía tomada en terreno, cogeneradora Aconcagua

Figura 2-8. Posicionamiento de los carriles

- Una vez descargados todos los componentes, se da aviso a conductor de camión, quien deberá retirar el camión fuera de área de influencia.
- Luego se izan los cuatro pórticos hidráulicos con eslingas y ayudados por cuerdas de izaje y se posicionan sobre las carrileras. Estas serán conectadas a las columnas respectivas.



Fuente: Fotografía tomada en terreno, cogeneradora Aconcagua

Figura 2-9. Posicionamiento de gatas hidráulicas Megalift

- Una vez instalados los pórticos hidráulicos y conectadas las mangueras hidráulicas, se tomarán las vigas con el camión pluma, se levantará a 20 centímetros del suelo para instalar las dos argollas de izaje por cada viga.
- Seguido a esta maniobra, se instalarán inmediatamente los grilletes respectivos, los cuales ya tienen colocadas las maniobras (estrobos y eslingas).
- Se izan las vigas, las cuales quedarán en forma transversal en cada par de columna o pórtico hidráulico.
- Se unirá la viga a cada pórtico hidráulico con tres pernos de anclaje, esta actividad se desarrollará con escala telescópica o tijera.



Fuente: Fotografía tomada en terreno, cogeneradora Aconcagua

Figura 2-10. Posicionamiento de vigas pórtico Megalift

- El personal que se suba por escala, deberá utilizar arnés de seguridad con dos colas de seguridad, enganchándose de columna de Megalift.
- Se tomarán con un cordel, cada punta de los estrobos a fin de no pasar o dañar el bulto que será instalado y levantado posteriormente, esto se debe hacer con cada estrobo a fin de no dañar la carga.
- Una vez armado el Megalift, se debe hacer prueba en vacío.
- Una realizada la prueba en vacío y verificando que todo esté en perfectas condiciones, se podrá ingresar posicionar con tracto camión cargado con Generador o Turbina, para realizar la descarga.
- Posicionada la carga en la plataforma del camión, se procede a soltar las amarras o cadenas, para proceder a colocar los estrobos de Megalift.
- Una vez colocados los estrobos en puntos de levante de la carga (generador o turbina), se procederá a levantar unos centímetros, hasta liberar equipo.
- Una vez liberado el camión, se procede a retirarlo de área de descarga.

- Una vez retirado el camión, se procede a desplazar MEGALIFT con la turbina o Generador a punto de descarga (fundación).
- Una vez descargado turbina y generador, se procede a desmontar Megalift de la misma manera que se armó.
- Una vez desarmado y todos el componente ubicado en cama baja, se procede al amarre de ellos.
- Una vez cumpliendo todo lo anterior, se debe dejar área de trabajo limpia.
- Dejando área limpia y todo en perfectas condiciones y con visto bueno de cliente, se procede a retirarse de la subestación.



Fuente: Imagen extraída de www.javiercortes.com/es/proyectos-transportes.php

Figura 2-11. Partes del Megalift

En la Figura 2-7 se aprecia el Megalift armado indicando sus componentes principales.

2.2.3. Montaje de turbina

A continuación se planifican las actividades necesarias para realizar el montaje de la Turbina General Electric 6F-03, además se definirán los equipos, las herramientas y el personal necesario para realizar esta actividad en las mejores condiciones.

2.2.3.1. Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas necesarios para realizar el montaje de la Turbina y el Generador eléctrico serán los siguientes.

- Cuatro Gatas hidráulicas Megalift con capacidad para 136 Ton c/u, certificado.



Fuente: Imagen extraída de Duro Felguera S.A manuales de izaje

Figura 2-12. Gatas Hidráulicas Megalift

- Una Central Hidráulica con motorización Diésel autónoma.



Fuente: Duro Felguera S.A manuales de izaje

Figura 2-13. Central hidráulica

- Dos Vigas de acero de 10 mts de largo c/u.
- Cuatro Argollas para izaje.
- Cuatro Estrobos de 2" por 7,11mts para 74,20 ton en U c/u, certificados.
- Ocho Grilletes de 2 ½ para 55tn c/u, certificados.



Fuente: Duro Felguera S.A manuales de izaje

Figura 2-14. Vigas, argollas, estrobos, grilletes

- Seis Tramos de carrileras de desplazamiento con 6 metros lineales c/u.



Fuente: Duro Felguera S.A manuales de izaje

Figura 2-15. Carriles de desplazamiento

2.2.3.2. Personal

El personal o recurso humano requerido para realizar esta actividad serán los siguientes.

- Supervisor de Montaje.
- Operador del Pórtico Megalift.
- Mecánico de montajes.
- Ayudante de montajes.

2.2.3.3. Trabajos previos

- Despejar los obstáculos aéreos inferiores a 5 mts y todos los terrestres removibles, que existan en el trayecto a utilizar al interior de la Planta.
- Preparar la zona de trabajo que esté libre de otras faenas, de personal que no participara directamente en estos y de equipos que no se utilizaran en la actividad.
- El área donde se descargara y posicionara la Turbina y el Generador, deberá quedar exclusivamente para dicho trabajo.

- El Pórtico Megalift se monta previamente al ingreso del camión con la cuba, utilizando una grúa hidráulica la cual es suministrada por Bertling.

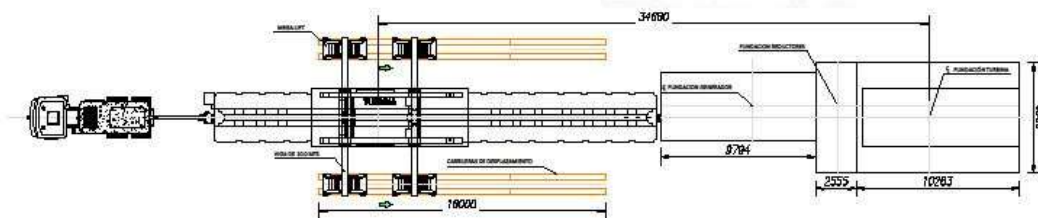
2.2.3.4. Descripción de la actividad de montaje de la turbina

Descargar desde un semirremolque especial de transporte y posicionar sobre su fundación final, una Turbina de 93,7 ton y un Generador de 148,37 ton, los cuales deberán quedar centrados y nivelados sobre sus placas base, este trabajo se realizara al interior de la Planta Cogeneradora Aconcagua, en la Quinta Región. En la descarga y posicionamiento de los equipos mayores, se utilizara un Pórtico especial de levante denominado Megalift, y participara un grupo de 5 personas capacitadas y de experiencia en este tipo de trabajos.

- Se comienza el trabajo montando con una grúa todoterreno con capacidad no inferior a 30 ton, las seis carrileras de desplazamiento, en un largo aproximado de 18 metros por cada costado de las fundaciones, se nivelan las carrileras sobre durmientes de roble y con el apoyo shims de madera de diferentes medidas.
- Sobre las carrileras se instalan las cuatro gatas hidráulicas Megalift con sus respectivas vigas superiores, estas son dos de 10 metros de largo c/u, a las que se les coloca dos estribos o argollas para izaje en cada viga, a su vez se le instalan los grilletes y estrobos correspondientes para el izaje, se alinea y nivela todo, utilizando un nivel de burbuja. Siendo suficiente este método para la nivelación del pórtico. Previo al izaje de la Turbina se realizaran pruebas en vacío de todo el sistema hidráulico a fin de comprobar su correcto funcionamiento.
- Con el pórtico Megalift preparado en su posición inicial, se procede a ingresar al área, el equipo de transporte con la Turbina, está deberá ingresar retrocediendo hacia las fundaciones finales, teniendo especial cuidado con su orientación y alineación, respecto al generador. Se chequeara que el equipo de transporte este correctamente acunado, así evitar algún desplazamiento involuntario.
- Con la turbina ubicada correctamente bajo el pórtico Megalift y adelante de las fundaciones, se procederá a estrobar desde los puntos indicados por el fabricante para su izaje, los que son fácilmente reconocibles en su estructura, en

esta etapa se usan los siguientes implementos: 8 grilletes de 2 ½" para 55 ton c/u, marca Crosby, cuatro estrobos Prodinsa de 2" por 7,11 metros de largo para 74,2 ton en U c/u.

- Una vez terminado de estrobar la turbina, el supervisor a cargo del Megalift se preocupara de revisar toda la maniobra y retirara del área a todo el personal involucrado en el trabajo.
- Para todos los movimientos de carga suspendida, se utilizan 2 cordeles los que ayudan a direccionar la carga, su diámetro 5/8.
- Con la inspección ocular realizada, el supervisor del Megalift da el visto bueno para que se comience con el izaje de la turbina.
- Se inicia el izamiento de la turbina por sobre el equipo de transporte unos 30 cm aproximado liberando este y retirándolo del área de montajes, como indica la Figura 2-16.

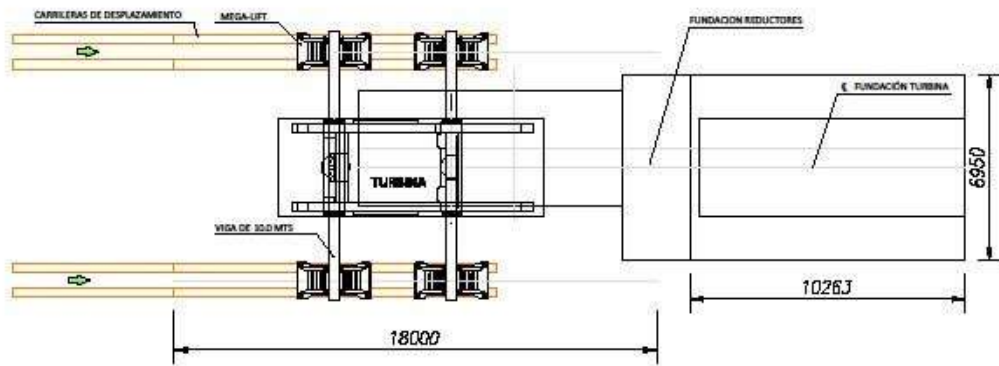


Fuente: Duro Felguera S.A, procedimientos de montaje

Figura 2-16. Inicio de izaje turbina

- A continuación se da inicio al traslado del Pórtico Megalift con la Turbina izada, este recorrido es hacia el interior y por sobre la fundación del generador, recorriendo 10 metros aproximado donde se realiza la primera detención para el traslado de 6 metros lineales de carrileras hacia adelante, como muestra la Figura 2-17.

PRIMERA DETENCIÓN DE LA TURBINA
RETIRO DEL CAMION Y TRASLADO DE 6MTS DE CARRILERAS



Fuente: Duro Felguera S.A, procedimientos de montaje

Figura 2-17. Primera detención

- En este tramo del recorrido se encuentra con la fundación de las cajas reductoras, las que es más alta al resto por lo que se debe izar la turbina por sobre este obstáculo, superado esto, se reanuda el recorrido de la turbina unos 6 metros aproximados, donde se realiza la segunda detención y se traslada 6 metros lineales de carrileras hacia adelante, según muestra la Figura 2-18.

SEGUNDA DETENCIÓN DE LA TURBINA
Y TRASLADO DE 6MTS DE CARRILERAS

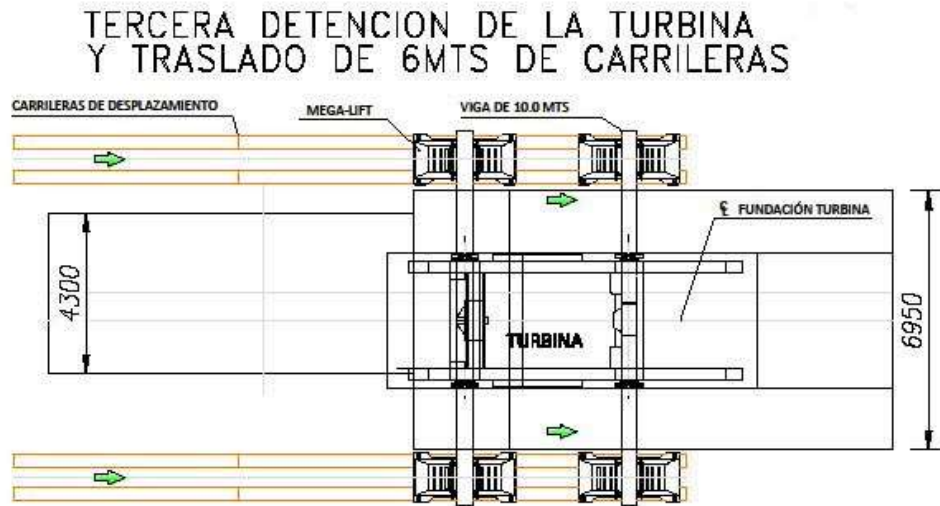


Fuente: Duro Felguera S.A, procedimientos de montaje

Figura 2-18. Segunda detención

- Nuevamente se reanuda el recorrido de la turbina por otros 6 metros aproximados, donde se realiza la tercera y última detención, se trasladan 6

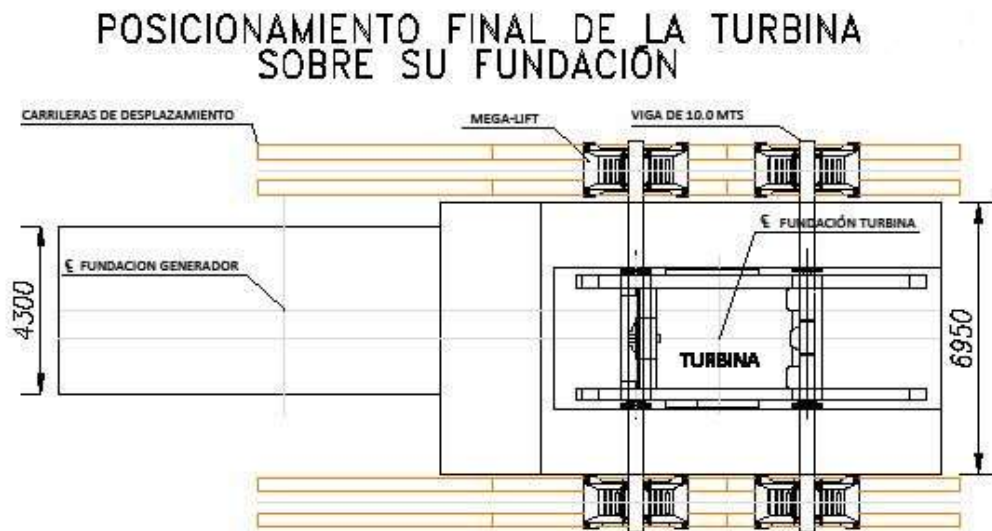
metros lineales de carrileras hacia adelante cubriendo completamente el recorrido, según muestra la Figura 2-19.



Fuente: Duro Felguera S.A, procedimientos de montaje

Figura 2-19. Tercera detención

Se reanuda por última vez el recorrido de la turbina, que es de 4mts aproximados llegando al eje central de su fundación, se procederá a bajar suavemente esta hasta dejarla a unos 5 cm de su base, donde se alinea y centra como se muestra en la figura 2-20.

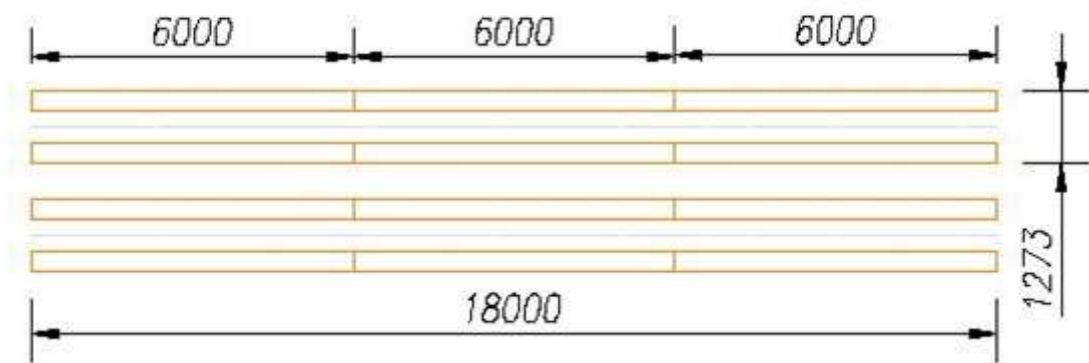


Fuente: Duro Felguera S.A, procedimientos de montaje

Figura 2-20. Posicionamiento final de la turbina

- Terminado lo anterior se retira a todo el personal de las inmediaciones, se baja suave y definitivamente la turbina sobre su base. Con el visto bueno del personal autorizado, respecto a la nivelación y centrado de la Turbina sobre la fundación, se procederá a retirar los estrobos desde los puntos de izajes, se desplaza el equipo Megalift con todas las maniobras hacia el inicio de las fundaciones, donde se comenzara con el posicionamiento del Generador.
- Cabe señalar que por contar solo con 18 metros lineales de carrileras, se deberá realizar detenciones momentáneas cada 6 metros lineales de avance al traslado de la turbina, mientras se reubican los tramos de carrileras hacia adelante, se mantendrá la Turbina izada y por seguridad se colocaran durmientes de roble bajo su estructura como muestra la figura 2-21.

18 Mts Lineales de carrileras



Fuente: Duro Felguera S.A, procedimientos de montaje

Figura 2-21. Metros lineales de carriles de desplazamiento

2.2.3.5. Mejoras al procedimiento

A continuación se enlistan una serie de mejoras aplicadas al procedimiento de traslado de la turbina desde el remolque hasta quedar montada en su pedestal correspondiente.

- Previo al inicio del traslado y posicionada la turbina sobre durmientes se procede a aliviar levemente la tensión en los estrobos que soportan la Turbina bajando las Columnas de Izaje.
- Posteriormente se procede a reubicar las Argollas de izaje para dar la orientación y eje a la turbina.
- Esta actividad es manual por lo que se debe subir un trabajador sobre la Viga Superior de Izaje, montarse sobre esta, enganchar los estrobos del arnes que porta el trabajador en las Argollas de Izaje y desplazar las Argollas de Izaje transversalmente por intermedio de los pies o manos.
- Posteriormente se tensan los estrobos elevando hidráulicamente las Columnas de Izaje y la turbina se desplaza lateralmente hasta quedar posicionada para iniciar su traslado.

- Se inicia el traslado de la turbina soportada por el pórtico y autopropulsada hidráulicamente por las Columnas Telescópicas deteniéndose para la reubicación de las Carrileras de Desplazamiento y continuar el avance.
- Se procede a ayudar con tecles de cadena el desplazamiento de las columnas telescópicas cada vez que las carrileras de desplazamiento pierden el nivel entre si.
- Esta actividad es manual/ hidráulica por lo que se procede a enganchar entre la Columna Telescópica y la estructura de la carrilera de desplazamiento el teclé.
- Para ayudar a recuperar el nivel de las carrileras entre si se instalan placas de acero en las carrileras de desplazamiento lo que permite recuperar el nivel y continuar con el avance de la turbina.
- Una vez posicionada la turbina a 5cms se alinea y se centra.
- Para mantener la nivelación y en el eje la turbina, se realizan maniobras en diagonal con tecles de cadena que se afianzan a vértices de la turbina y estructuras que se encuentran en el área lo que permite estabilizar y bajar hidráulicamente la turbina hasta su posición final manteniendo el eje sobre los pernos.

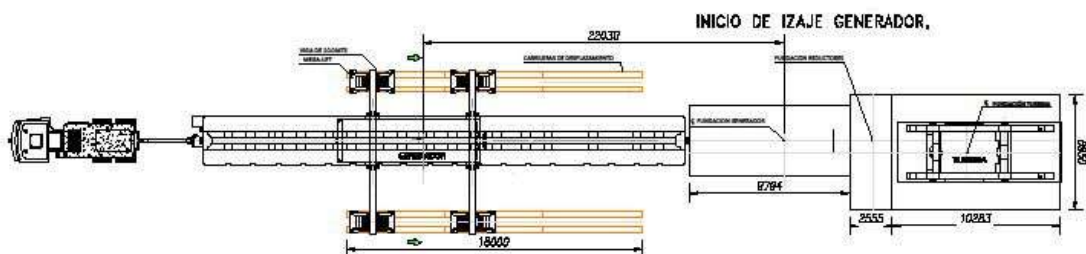
2.2.4. Montaje del generador

Una vez terminado el montaje de la Turbina se procede con el montaje del Generador Eléctrico, por lo tanto se utilizaran los mismos recursos indicados para el montaje de la Turbina.

2.2.4.1. Descripción de la actividad de montaje del generador

- Con el pórtico Megalift preparado y en su posición inicial, se procede a ingresar al sector el Generador, el que está sobre un equipo de transporte y deberá hacerlo retrocediendo hacia las fundaciones finales, teniendo especial cuidado con su orientación y alineación, respecto a la Turbina.

- Con el Generador ubicado correctamente bajo el Pórtico Megalift, se procederá a estrobar desde los puntos indicados para su izaje, se utilizan en esta etapa los siguientes elementos: 8 grilletes de 2 ½” para 55tn c/u, marca Crosby, estrobos Prodinsa de 2 ½ por 5 metros de largo para 56,86 ton axial c/u.
- Una vez que se termina de estrobar el generador, el supervisor a cargo del Pórtico Megalift, se preocupara de revisar visualmente toda la maniobra de estiba y retirara del área a todo el personal involucrado en la maniobra.
- Para todos los movimientos de carga suspendida se utilizan 2 cordeles para direccionar la carga, su diámetro 5/8.
- Se inicia el izamiento del Generador hasta lograr superar la cama del semirremolque modular unos 30 cm, con el espacio suficiente se retira el camión del lugar, abandonando el área de montaje, como indica la Figura 2-22.

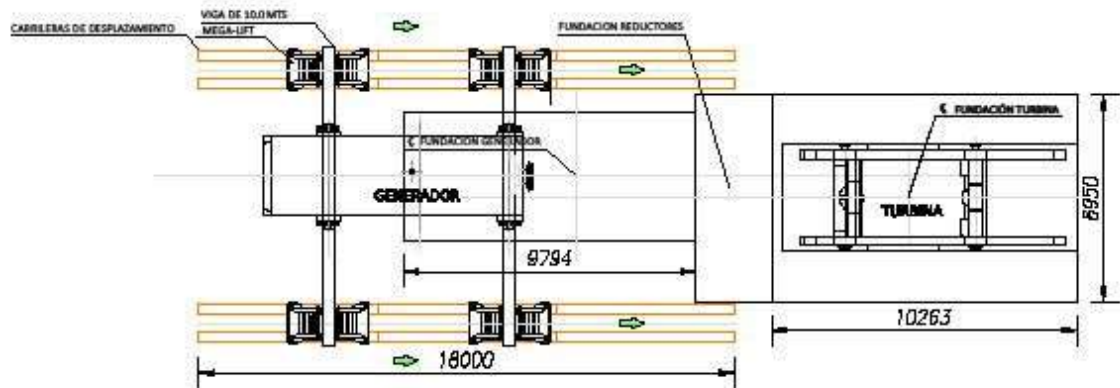


Fuente: Duro Felguera S.A, procedimientos de montaje

Figura 2-22. Inicio de izaje del generador

- A continuación, se da inicio al traslado del Pórtico Megalift con el Generador izado hacia el interior de su fundación, muy lentamente, una vez recorridos 9 metros aproximados, se realizara una parada momentánea al traslado del generador, esto para reubicar los tramos de carrileras por cada costado de las fundaciones, con lo que se completará el total del recorrido hacia el interior de la fundación, cabe señalar que los movimientos necesarios se deben realizar con una grúa como muestra la figura 2-23.

PRIMERA Y ÚNICA DETENCION DEL GENERADOR DANDO INICIO AL TRASLADO DE 6MTS DE CARRILERA



Fuente: Duro Felguera S.A, procedimientos de montaje

Figura 2-23. Primera y única detención

- Una vez que se llega al centro de la fundación, se procederá a bajar suavemente el generador sobre su base, parando unos 5 cm antes de apoyarlo completamente sobre sus placas.
- Se chequean los centros del generador respecto a los centros de la fundación, corroborando que todo esté bien, se retira a todo el personal involucrado en el trabajo, se baja suave y definitivamente el generador sobre las placas bases como muestra la figura 2-24.



Fuente: Duro Felguera S.A, procedimientos de montaje

Figura 2-24. Posicionamiento final del generador

- Con el visto bueno del personal autorizado por Duro Felguera, respecto a la nivelación y centrado del Generador sobre su base definitiva, se procederá a retirar todas las maniobras de izaje, se retira también de forma definitiva el Pórtico Megalift y sus accesorios, los que se cargan sobre camiones por medio de grúa hidráulica todo terreno.
- Se retiran todos los camiones de la Planta, dando por concluido los trabajos.

2.2.5. Montaje de reductor

En esta fase se realiza el montaje del reductor, contempla el procedimiento de traslado y colocación del Reductor incluyendo en el mismo todos los medios de elevación, como grúas y medios auxiliares, así como la seguridad y correcto empleo y seguimiento de todas las operaciones.

2.2.5.1. Características del reductor

- Dimensiones: 2992.1 x 1697 x 1690 mm
- Peso: 22.000 Kg.

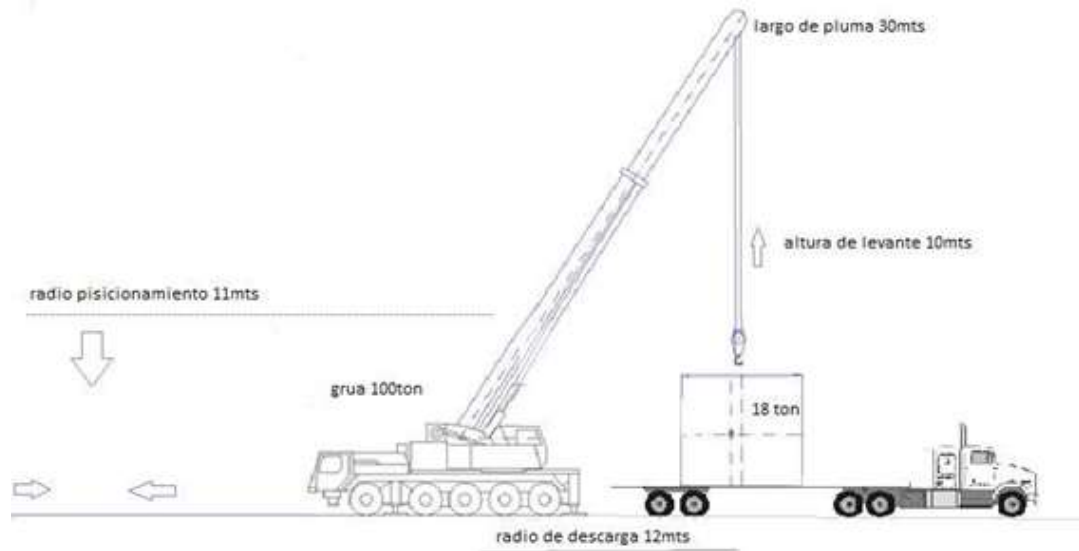
2.2.5.2 Equipos y herramientas

- Camión Pluma LTM 1130 como equipo de 100 Ton.
- Arnés y línea de vida vertical para estrobar o desestrobar si se requiere trabajar en altura.
- Escalera manual.
- Barra de uñas (diablo) para desconsolidación de equipos.
- Cuatro estrobos de 8 m. x 12 Ton.
- Dos cuerdas para guiar la pieza durante la maniobra.

2.2.5.3. Procedimiento de montaje

Antes de iniciarse la maniobra de izado, se comprobarán los medios auxiliares a utilizar así como su correcta colocación. Se prestara especial atención a las interferencias en el momento de giro, se comprobara el posicionamiento de la grúa, radio de acción, ausencia de personas y obstáculos en el área afectada. Así mismo se comprobara que todo el personal implicado en la maniobra es conocedor de su cometido y no se permitirá la presencia de personas ajenas a la maniobra.

Se izará el reductor con la grúa, en forma horizontal con estrobo tomándolo de sus puntos de agarre, manteniendo su base, con movimiento giratorio con un radio de giro de 8 metros de la pluma de la grúa en sentido horario hacia su respectivo pedestal como muestra la figura 2-25.



Fuente: Duro Felguera S.A, procedimientos de montaje

Figura 2-25. Descarga y montaje del reductor

2.3. ALINEAMIENTO DE LOS EQUIPOS

En esta fase se alinean los equipos nivelando las bases de estos para que comportan el mismo eje tanto horizontal como vertical.

2.3.1. Recursos necesarios

A continuación se enlistan los recursos necesarios para realizar el alineamiento de los equipos.

- 2 Gatas Hidráulicas Porta Power, que serán utilizadas para mover tanto horizontal como verticalmente los equipos a la posición de alineamiento.



Fuente: www.rebelsautoparts.com

Figura 2-26. Porta power

- 2 Relojes comparadores, utilizados para determinar el alineamiento de los equipos.



Fuente: www.aslak.es

Figura 2-27. Reloj comparador

- Lainas de diferentes medidas utilizadas para fijar el alineamiento vertical de los equipos.



Fuente: [www. AgrazIndustrial.com](http://www.AgrazIndustrial.com)

Figura 2-28. Lainas

- 4 Técnicos mecánicos especializados en alineamiento de equipos de estas características.

2.3.2. Descripción de la actividad

Se montan los Porta Power en los puntos de apoyo y se procede a levantar la estructura. A través de los relojes comparadores se mide la altura, una vez alcanzada la altura correspondiente se colocan lainas para que los equipos queden situados en el lugar que corresponde. Este proceso se realiza en la Turbina, Generador y Reductor. De esta manera se alinean los ejes de estos equipos.



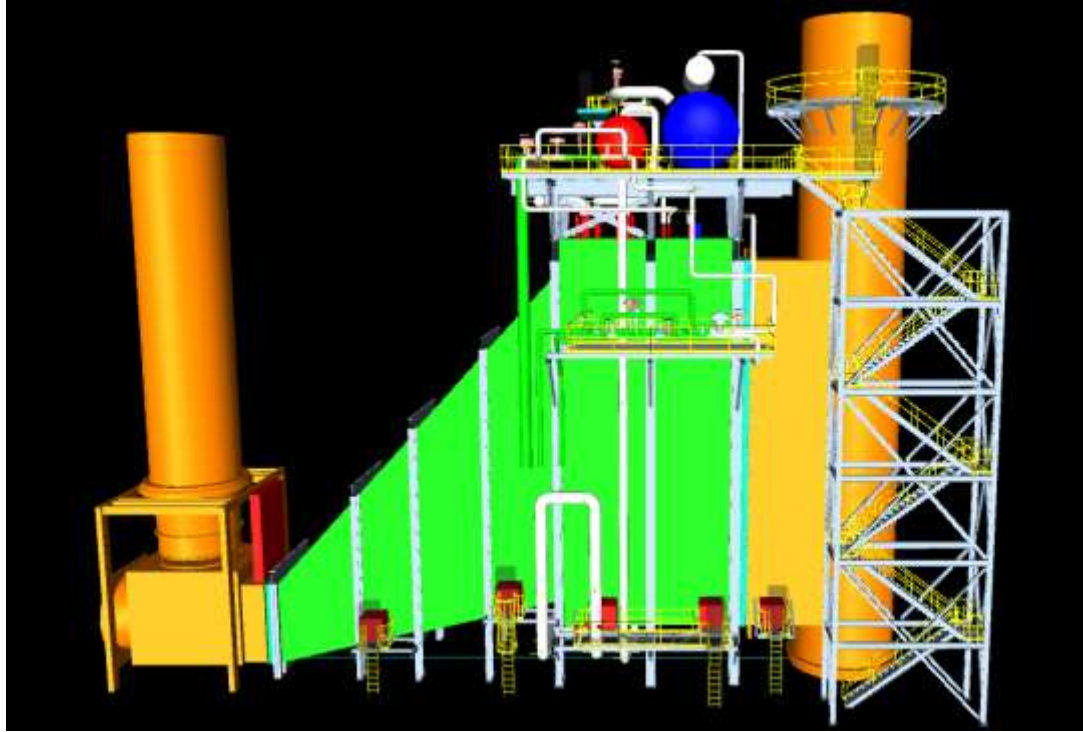
Fuente: Elaboración propia fotografía tomada en terreno

Figura 2-29. Alineamiento de equipos

2.4. **MONTAJE DEL HRSG**

El procedimiento de montaje de la Caldera Recuperadora de Calor aún está en proceso de construcción y de evaluación, por lo cual no se puede tener acceso a este plan, teniendo por consecuente tomar esta fase como sólo una larga actividad, teniendo en cuenta que esta fase requerirá de una gran cantidad de recursos de todo tipo.

Si se puede mencionar que será un HRSG de configuración horizontal y se puede apreciar en la Figura 2-26 la maqueta de este cuando esté terminado. En la programación se podrá apreciar el tiempo estimado de duración de esta actividad.



Fuente: Duro Felguera S.A, Planos de montaje

Figura 2-30. Maqueta del HRSG terminado

CAPÍTULO 3: PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE ACTIVIDADES

3. PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE ACTIVIDADES

En este capítulo se realizara la programación de las actividades descritas en el capítulo anterior. Esta tarea consiste en asignar los tiempos que se requerirán para llevar a cabo cada una de las actividades, con sus respectivas fechas de comienzo y fin. Sera necesario también asignar los recursos humanos y materiales para cada una de las actividades descritas anteriormente.

Para verificar que se están cumpliendo al pie de la letra con las tareas descritas, los procedimientos de trabajo, la seguridad en terreno, los tiempos designados, etc. Sera necesario realizar un control periódico de la ejecución de las actividades descritas.

Para realizar la programación y el control de estas actividades se utilizará una herramienta informática o software llamado Microsoft Project en el cual se introducirán las actividades descritas en el capítulo N°2.

3.1. PROGRAMACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Se refiere a idear y ordenar las acciones que se realizarán en el marco de un proyecto, asignándole los tiempos necesarios para que se ejecuten y concluyan en un tiempo determinado, asignándole los recursos humanos, maquinaria y materiales que se utilizaran.

3.1.1. Calendario de realización

Para la realización de este proyecto se tomaran como horas de trabajo de día lunes a viernes de las 8:00 a 18:00 hrs teniendo una hora de almuerzo que va desde las 13:00 a 14:00 hrs, los días sábados se realizaran trabajos de 8:00 a 13:00 hrs. El horario de trabajo quedara sujeto a reprogramaciones, debiéndose trabajar horas extras en caso de ser necesario.

El proyecto en sí tiene una duración aproximada que comprende desde el 01 de febrero del 2016 hasta 01 de diciembre del 2017.

3.1.2. Actividades a programar

Se introducen en Microsoft Project las actividades que se quieren programar, jerarquizándolas entre fases del proyecto y las tareas que llevan a completar esa fase. A continuación se aprecian las actividades generales para lograr una mayor comprensión, mientras que la carta Gantt detallada se encontrara en los anexos.

	Nombre de tarea ▼
1	Inicio
2	1.1. Excavaciones
3	1.2. Relleno
4	2.1. Enfierradura Pedestales
5	2.2. Moldaje Pedestales
6	2.3. Hormigonado
7	3.1. Traslado de Equipos
8	3.2. Armado de Megalift
9	3.3. Montaje de Turbina
10	3.4. Montaje de Generador
11	3.5. Montaje de Reductor
12	3.6. Alineacion de Equipos
13	3.7. Conexiones electricas, Cañerías y perifericos
14	4.1. Traslado de Piezas
15	4.2. Montaje Mecanico
16	5.1. Pruebas Mecanicas
17	5.2. Pruebas de fugas
18	Fin

Fuente: Elaboración propia, lista de tareas Ms Project

Figura 3-1. Actividades a programar

3.1.3. Tiempos de realización de las actividades

En esta fase se determinan las fechas de inicio y termino del proyecto, para cumplir estas fechas se establecen tiempos de ejecución de cada actividad que compone el proyecto, dando origen al Programa Contractual de este. Las fechas de inicio y de término del proyecto son inamovibles, en cambio las fechas de inicio y término de las actividades que componen esta programación tienen cierta holgura. La holgura es el






tiempo que pueden retrasarse y reprogramarse algunas actividades sin que se modifique la fecha de término del proyecto.

	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1	Inicio	0 días	mar 08-03-16	mar 08-03-16	
2	1.1. Excavaciones	58 días	mar 08-03-16	mié 11-05-16	1
3	1.2. Relleno	53,38 días?	mié 11-05-16	sáb 09-07-16	2
4	2.1. Enfierradura Pedestales	40,38 días?	lun 11-07-16	mié 24-08-16	3
5	2.2. Moldaje Pedestales	37,5 días?	lun 11-07-16	sáb 20-08-16	3
6	2.3. Hormigonado	6,25 días?	mié 24-08-16	mié 31-08-16	4,5
7	3.1. Traslado de Equipos	25 días?	mié 31-08-16	mié 28-09-16	6
8	3.2. Armado de Megalift	5,63 días?	lun 19-09-16	vie 23-09-16	6
9	3.3. Montaje de Turbina	5,63 días?	mié 28-09-16	mar 04-10-16	7,8
10	3.4. Montaje de Generador	4,5 días?	mié 05-10-16	lun 10-10-16	9
11	3.5. Montaje de Reductor	4 días?	mié 05-10-16	sáb 08-10-16	9
12	3.6. Alineacion de Equipos	24 días	lun 10-10-16	sáb 05-11-16	10,11
13	3.7. Conexiones electricas, Cañerías y perifericos	159 días	sáb 05-11-16	mar 02-05-17	12
14	4.1. Traslado de Piezas	55,63 días?	lun 23-01-17	vie 24-03-17	12
15	4.2. Montaje Mecanico	188 días	mié 03-05-17	mié 29-11-17	13,14
16	5.1. Pruebas Mecanicas	24,38 días?	mié 29-11-17	mar 26-12-17	15
17	5.2. Pruebas de fugas	24,38 días?	mié 29-11-17	mar 26-12-17	15
18	Fin	0 días	mar 26-12-17	mar 26-12-17	16,17

Fuente: Elaboración propia, lista de actividades Ms Project

Figura 3-2. Fechas de inicio y termino de actividades

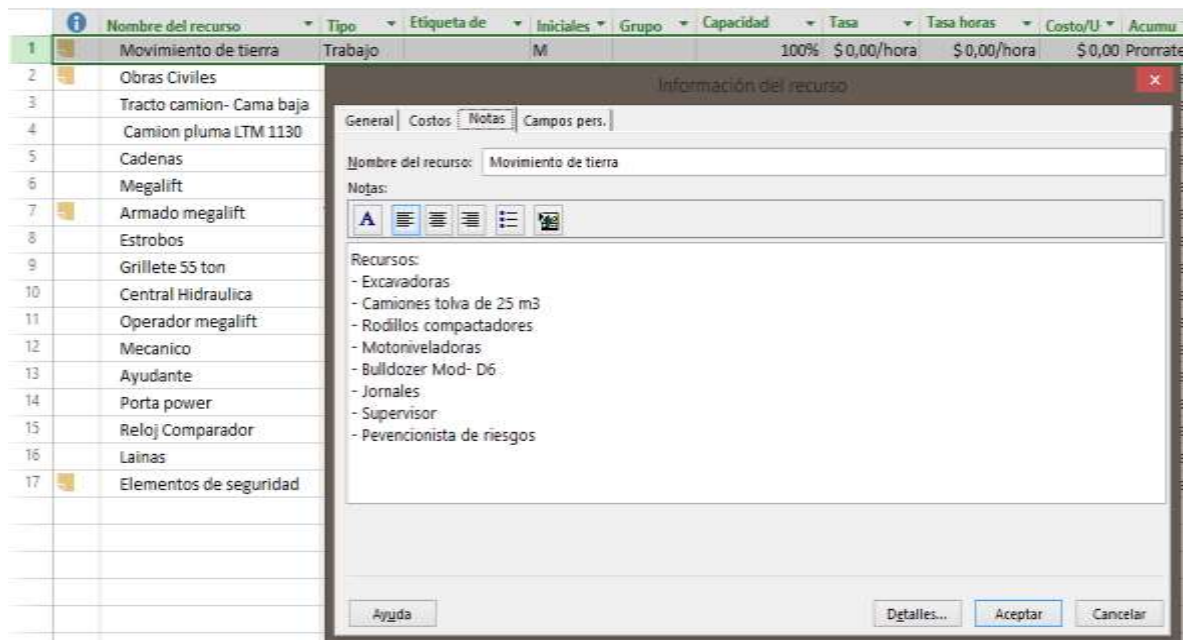
Se aprecia en la figura 3-2 el inicio y termino de las actividades y el tiempo estimado de duración. Se aprecian también las fechas de inicio y termino del proyecto que son inamovibles causando graves consecuencias un retraso de estas.

		Nombre del recurso ▼	Tipo ▼	Etiqueta de ▼	Iniciales ▼
1		Movimiento de tierra	Trabajo		M
2		Obras Civiles	Material		O
3		Tracto camion- Cama baja	Material		T
4		Camion pluma LTM 1130	Material		CA
5		Cadenas	Material		C
6		Megalift	Material		M
7		Armado megalift	Trabajo		A
8		Estrobos	Material		E
9		Grillete 55 ton	Material		G
10		Central Hidraulica	Material		C
11		Operador megalift	Material		O
12		Mecanico	Material		M
13		Ayudante	Material		A
14		Porta power	Material		P
15		Reloj Comparador	Material		R
16		Lainas	Material		L
17		Elementos de seguridad	Material		E

Fuente: Elaboración propia lista de recursos Ms Project

Figura 3-4. Hoja de recursos

En esta hoja de recursos se introdujeron el común de recursos necesarios para la mayoría de las actividades. También se pusieron el nombre de actividades con notas en su interior donde se señalan los recursos que se utilizaran en esa actividad como se observa la Figura 3-5.

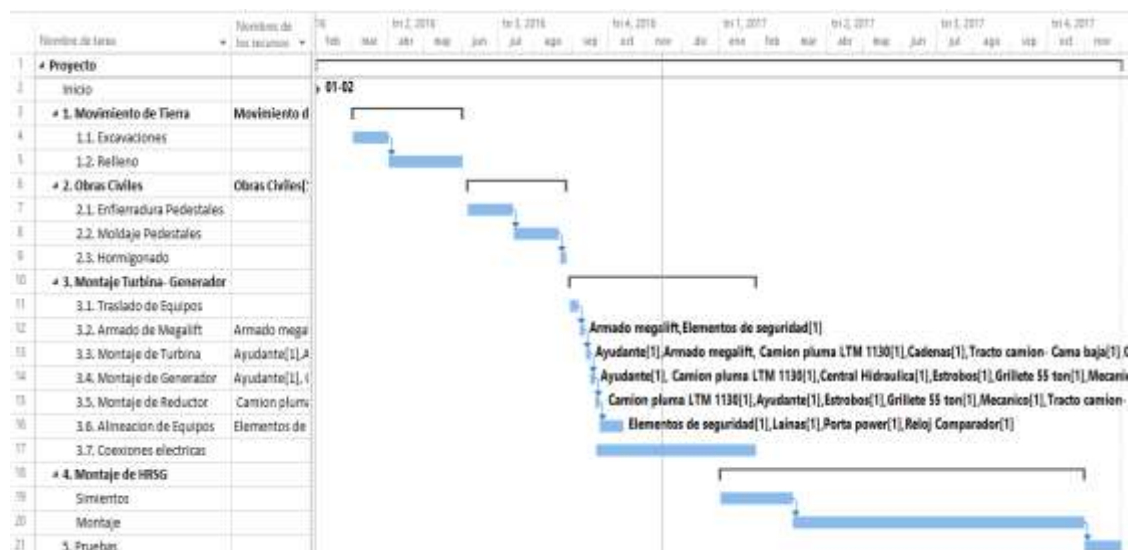


Fuente: Elaboración propia lista de recursos Ms Project

Figura 3-5. Recursos dentro de una actividad

Una vez introducidos los recursos al proyecto, estos se le van asignando a cada una de las actividades según sea necesario. Cada actividad tiene un número y tipo de recursos que se deben utilizar. En esta oportunidad no habrá un conteo de los recursos sino que se nombraran los recursos en general que ocupara cada actividad.

En la Figura 3-6 se aprecian las actividades asignadas a cada una de las actividades y a la vez representados en el Diagrama Gantt.



Fuente: Elaboración propia diagrama Gantt Ms Project

Figura 3.6. Recursos asignados

3.2. CONTROL DE LAS ACTIVIDADES

En esta parte del proyecto se establece la forma en la cual se realizara el control de la buena ejecución de las actividades. Para esto se realizara un control en terreno, control de la programación contractual y control a través de un programa bisemanal que se les entregara a los contratistas.

3.2.1. Administración de la construcción

El Contratista Principal DFE tiene la responsabilidad de entregar llave en mano la planta de Generación de Energía Aconcagua lo que significa que debe Administrar y Responder por una Construcción y servicio Denominado en las siglas en Ingles EPC (EPC es el acrónimo de Engineering, Procurement and Construction, haciendo clara referencia a todo lo que incluye el contrato: El Diseño, los Suministros y la Construcción.)

Los alcances de la administración de la construcción consideran:

- 1.- Revisión de la Ingeniería previo a la construcción
- 2.- Inspección en Terreno de las actividades de la Ejecución de la Construcción que realiza el responsable del EPC (Empresa DFE)
- 3.- Control del Programa base de la Construcción. (Carta Gantt)

3.2.1.1. Alcances

El punto número uno establece que la revisión a la Ingeniería que corresponde al diseño del Contratista Principal DFE son comentados por Amec previo a ejecutar la construcción.

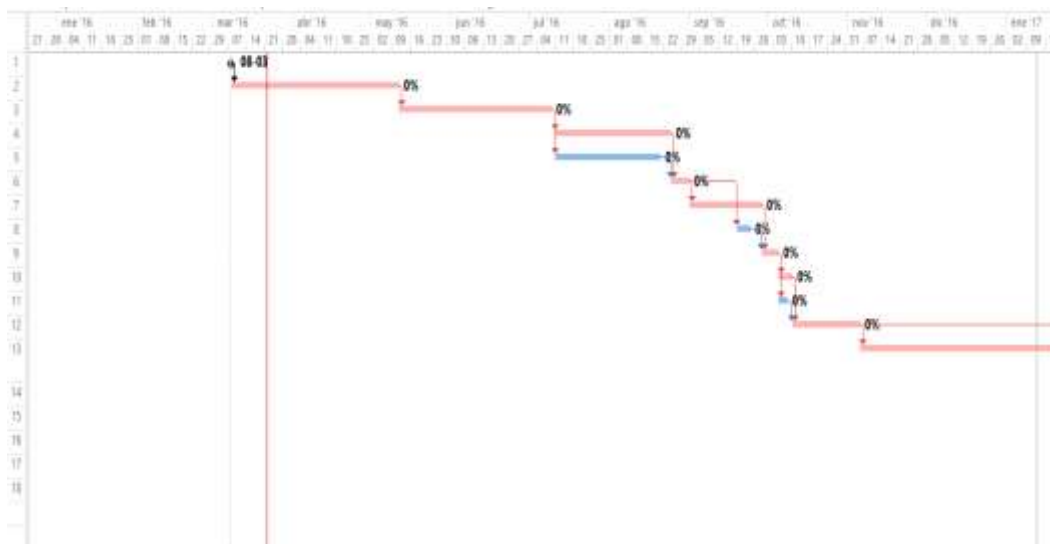
El punto numero dos establece que en la fase de la Construcción la Empresa asigna a terreno profesionales en las especialidades Civil Estructura, Mecánica Piping, Eléctrica e Instrumentación. Los que permanecen durante todo el tiempo que dura la obra inspeccionando en terreno que la Ingeniería que fue revisada y comentada se cumpla a cabalidad y con la calidad que las Normas Establecen.

El punto número tres establece que se controlarán las actividades indicadas en la la carta Gantt y para esto el contratista principal DFE lleva a cabo un programa bisemanal el cual se va contractando con el programa base.

Realizada la contratación se va dando avance a las actividades de construcción y se informa al propietario (Enap) semanalmente de los avances o retrasos que está teniendo la construcción.

3.2.2. Fechas de estado


El seguimiento y control propuesto para este proyecto se realizara en base MS Project. El seguimiento se realiza a través de la Carta Gantt en la cual se insertan fechas de estado. Las fechas de estado son cortes perpendiculares que se realizan en la Carta Gantt para indicar que se realizara el monitoreo sobre el avance de las actividades. Estas fechas de estados estarán dispuestas cada dos semanas, de esta manera se informará a la empresa mandante cual es el real avance de cada una de las actividades.



Fuente: Ms Project diagrama de seguimiento, elaboración propia

Figura 3-7. Fechas de estado

En la figura 3-7. Se muestra una línea de color rojo perpendicular a las actividades que representa la primera fecha de estado que corresponde a la tercera semana de proyecto en donde se realiza el control del avance de las dos semanas anteriores.

		PLAN DE PUNTOS DE INSPECCIÓN INSPECTION AND TEST PLAN						NOMBRE DE ITPL					
Proyecto: Project:								Nº: 0					
Alcance del trabajo: Scope of Work:		Localización: Zone:						Rev.: 0					
Plano o especificación: Drawing or Specification:								Fecha: Date: 00-00-00					
								Emitido por: Issued by: XXX					
PUNTO POINT Nº	ACTIVIDAD ACTIVITY	NORMA o PROCEDIMIENTO STANDARD or APPLICABLE PROCEDURE	INSPECCIÓN INSPECTION		INSPECCIÓN / INSPECTION						NOTES		
			TIPO / TYPE	%	SUBCONTRACTOR		DF Energy		CUSTOMER				
					Cod	Firma / Fecha Sign / Date	Cod	Firma / Fecha Sign / Date	Cod	Firma / Fecha Sign / Date	Cod	Firma / Fecha Sign / Date	
1													
1.1													
1.2													
1.3													
1.4													
1.5													
...													
2													
2.1													
2.2													
...													
3													
3.1													
3.2													
...													
COMENTARIOS / REMARKS:													
NOTA/NOTE: H = PUNTO DE ESPERA/HOLD POINT W = PUNTO DE AVISO/WITNESS POINT R = REVISIÓN DOC/REPORTS or RECORDS REVIEW		SUBCONTRATISTA/SUBCONTRACTOR: Aprobado/Approved: Fecha/Date:		DF Energy: Aprobado/Approved: Fecha/Date:			CLIENTE/CUSTOMER: Aprobado/Approved: Fecha/Date:			Aprobado/Approved: Fecha/Date:			

Fuente: Duro Felguera S.A, documentos de control

Figura 3-8. Check list para el control de actividades

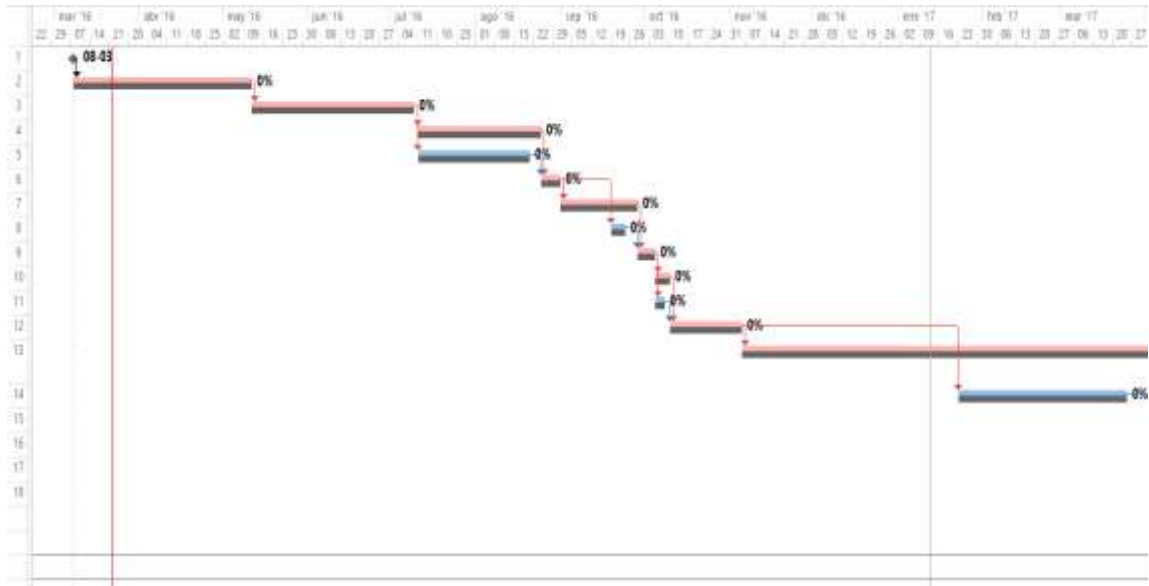
En la Figura 3-8. Se aprecia el Check list para el control de las actividades, donde se ingresa cada una de las actividades a controlar y los puntos que se deben inspeccionar, el tipo de inspección y las observaciones que se tengan de cada una de las tareas realizadas. Esta inspección se ve realizando en terreno y se van anotando las observaciones que se tengan de cada actividad para retroalimentarla con la carta Gantt de seguimiento del proyecto.

3.2.3. Programación bisemanal

Este programa contiene y detalla las actividades que realizaran los subcontratistas durante las siguientes dos semanas, en el cual se van controlando día a día el avance que lleva cada actividad. Este programa actividades que se deben realizar en este periodo de tiempo y reprograma las que no se alcanzaron a terminar en dicho lapso de tiempo. El programa bisemanal no modifica el programa contractual ya que la fecha de entrega del proyecto es inamovible, si no que se comparan y se contractan para chequear el avance y los atrasos para la realización total de la obra.

3.2.4. Línea base

La línea base se utiliza para comparar el estado actual del proyecto de acuerdo al avance que este ha tenido a través del tiempo con la programación original. De esta manera se comprueba que las actividades se están realizando en los tiempos que corresponden o si van con algún retraso.



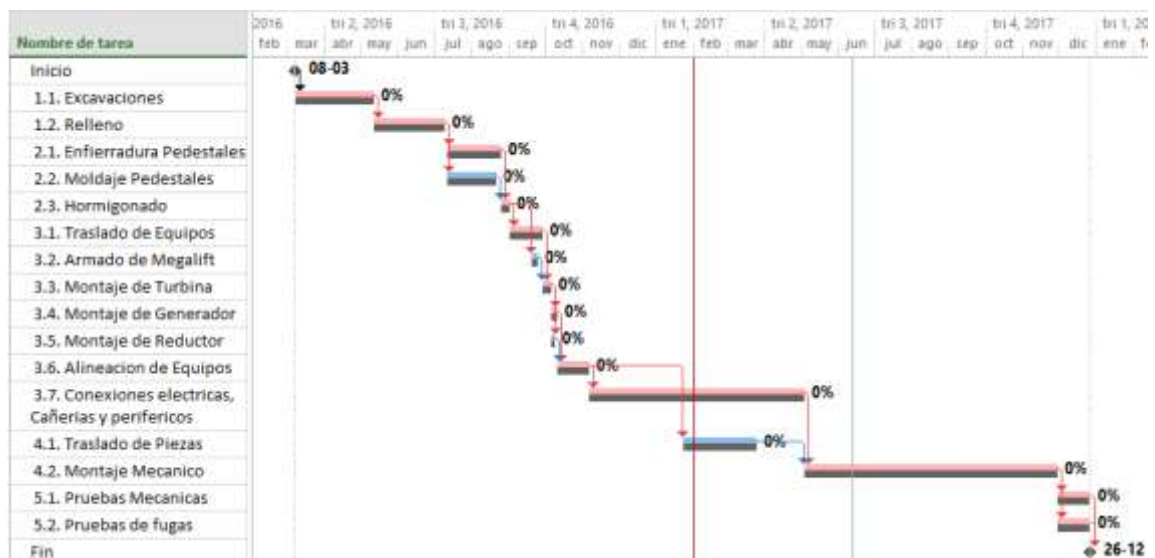
Fuente: Ms Project diagrama de seguimiento, elaboración propia

Figura 3-9. Líneas base de las actividades

En la Figura 3-9 se aprecia unas líneas de color azul y rojo que representa la programación de la actividad y una línea de color plomo en la parte inferior que representa la línea base.

3.2.5. Ruta crítica

Ruta crítica es la secuencia de los elementos terminales de la red de proyectos con la mayor duración entre ellos, determinando el tiempo más corto en el que es posible completar el proyecto. La duración de la ruta crítica determina la duración del proyecto entero. Cualquier retraso en un elemento de la ruta crítica afecta a la fecha de término planeada del proyecto, y se dice que no hay holgura en la ruta crítica.



Fuente: Ms Project diagrama de seguimiento, elaboración propia

Figura 3-10. Ruta crítica

En la figura 3-10 se aprecia de color rojo la ruta crítica inicial del proyecto, esta ruta crítica va cambiando a medida que se va avanzando en las actividades del proyecto. Al inicio del proyecto estas van a ser las actividades críticas.

3.2.5.1. Diagrama de Red CPM

El método de la ruta crítica CPM (Critical Path Method) es un algoritmo basado en la teoría de redes diseñado para facilitar la planificación de proyectos. El resultado final del CPM será un cronograma para el proyecto, en el cual se podrá conocer la duración total del mismo, y la clasificación de las actividades según su criticidad. El algoritmo CPM se desarrolla mediante intervalos determinísticos, lo cual lo diferencia del método PERT que supone tiempos probabilísticos.

En el diagrama de red se pueden apreciar las actividades que componen el proyecto, la información que muestra cada recuadro es la siguiente.

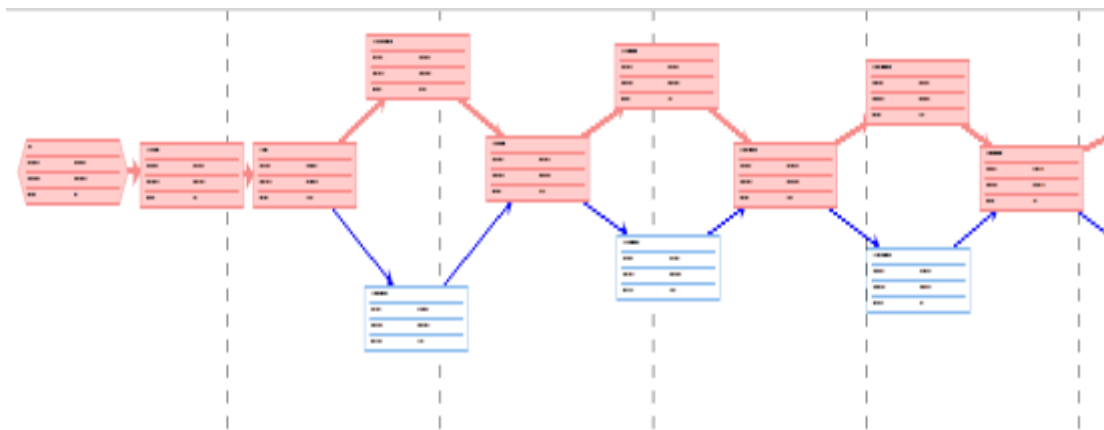
CT: Comienzo temprano de la actividad.

CTA: Comienzo tardío de la actividad.

TT: Terminó temprano de la actividad

TTA: Terminó tardío de la actividad

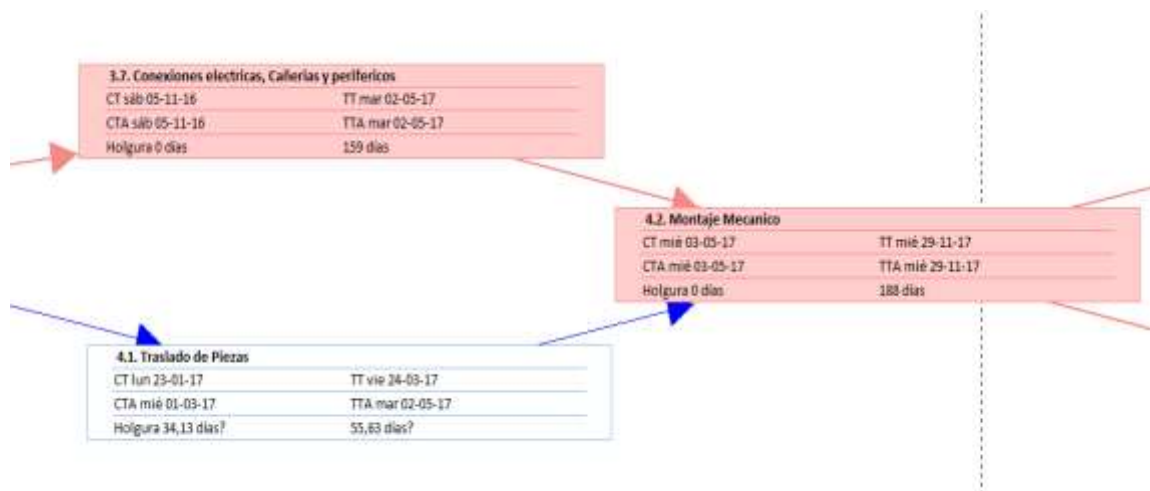
También se muestra la duración de cada actividad y la holgura de estas, siendo (TTA-TT) la holgura de cada actividad. Cabe destacar que las actividades críticas tienen holgura cero y están representadas de color rojo.



Fuente: Ms Project diagrama de red, elaboración propia

Figura 3-11. Diagrama de red CPM

En la figura 3-11 se aprecia parte del diagrama de red CPM, con las actividades críticas de color rojo y actividades no críticas de color azul. En anexos se apreciara de mejor manera el diagrama completo.



Fuente: Ms Project diagrama de red, elaboración propia

Figura 3-12. Recuadros de Diagrama de Red

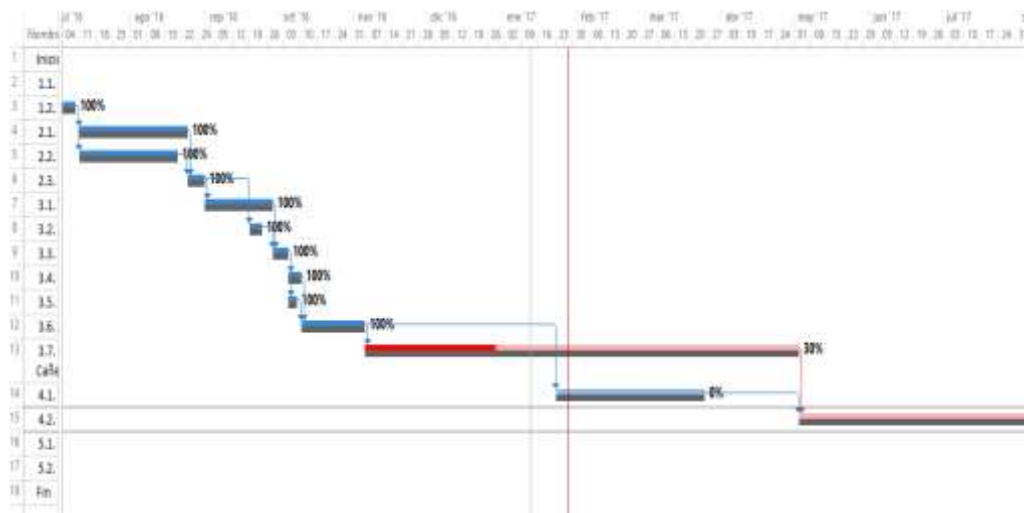
En la figura 3-12 se aprecian los recuadros que componen el Diagrama de Red, con la información que entregan que fue explicada anteriormente.

3.3. SEGUIMIENTO Y MONITOREO

En este punto se hace el seguimiento a cada una de las actividades a través de las herramientas de control mencionadas anteriormente con Ms Project. La información que se adquirió a través del control de estas actividades da una idea del porcentaje de avance que lleva cada actividad, este porcentaje de avance se ingresa en la programación hecha en Ms Project y se compara el avance real que tiene la actividad con el porcentaje teórico programado, esto se logra a través de las fechas de estado donde se controlan las actividades realizadas bisemanalmente.

3.3.1. Avance de actividades

A través del control de la planificación bisemanal se infiere el porcentaje de avance de cada actividad, y a la vez del proyecto en general. En la Figura 3-13 se aprecia el porcentaje de avance de cada actividad.



Fuente: Ms Project diagrama de seguimiento, elaboración propia

Figura 3-13. Avance de actividades

En la figura 3-13 se aprecia que las actividades de Movimiento de tierra, Obras civiles y que la mayoría de las actividades de Montaje de turbina están completadas al 100% con excepción de las actividades de Conexiones eléctricas, tuberías y periféricos que lleva un 30% de avance.

Se aprecia también en la figura una fecha de estado (línea roja perpendicular a las actividades), esta corresponde al 27 de enero del 2017 donde se realiza el control de las actividades realizadas las dos semanas anteriores. Se puede inferir de esto que la actividad 3.7 esta con retraso, ya que según la programación inicial debería llevar a lo menos un 37% de avance y solo lleva 30%.

Se infiere también que la actividad 4.1 esta con atraso ya que en la fecha indicada debería llevar a lo menos un 10% de avance según lo programado originalmente pero en realidad aún no ha comenzado pero, al no ser una actividad critica tiene holgura, que para esta actividad son alrededor de 34 días.

3.3.2. Reprogramación de actividades

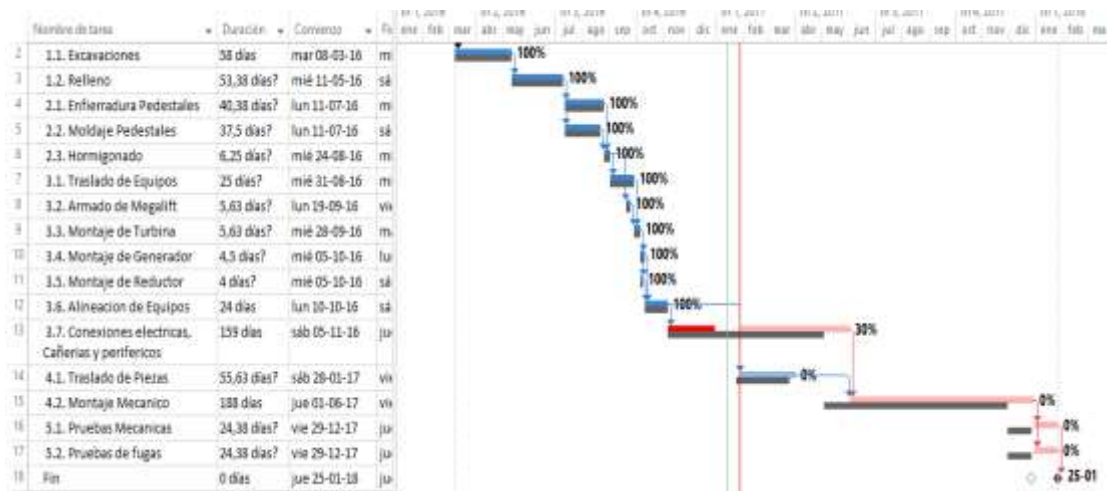
Al realizarse el control de las actividades en la fecha de estado correspondiente, se reprograman las actividades que no han sido completadas aun, pasando estas a un nuevo programa bisemanal.



Fuente: Ms Project, elaboración propia

Figura 3-14. Reprogramación de actividades no criticas

En la Figura 3-14 se aprecia que se reprogramó la actividad 4.1, está al no ser critica no modifica la fecha de término de proyecto que es el 26 de diciembre del 2017.



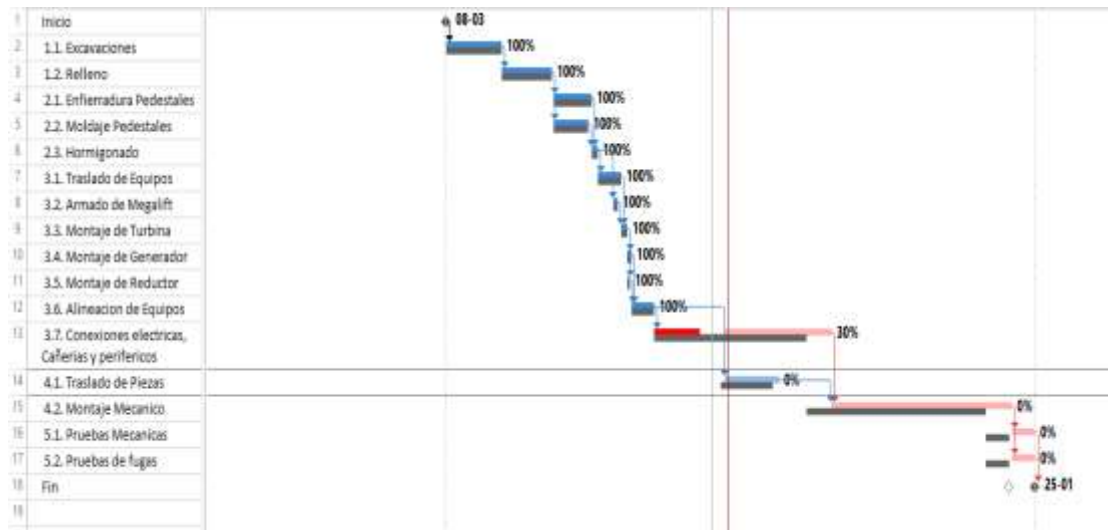
Fuente: Ms Project, elaboración propia

Figura 3-15. Reprogramación de actividad crítica

En la Figura 3-15 se aprecia la reprogramación de una actividad crítica, modificando la fecha de término del proyecto, la que es ahora 25 de enero del 2018. Se puede inferir de esto que la fecha de entrega de proyecto tiene casi un mes de retraso. Al seguir retrasando actividades críticas se le seguirán sumando días de retraso para finalizar el proyecto.

3.3.3. Avance planificado v/s avance real

El avance planificado es el porcentaje de avance que debería tener una tarea en un tiempo determinado según lo programado; el avance real es el porcentaje de avance que realmente lleva esa tarea en la misma fecha determinada.



Fuente: Ms Project, elaboración propia

Figura 3-16. Avance real v/s planificado

En la Figura 3-16. Se aprecia que la actividad 3.7 fue reprogramada, la línea base en color plomo representa el avance planificado que debería tener la actividad y la línea azul o rojo dependiendo si es crítica o no la actividad, representa el avance real que lleva. Como la actividad hasta la fecha de estado solo llevaba un 30% de avance real todo lo restante para concluir la actividad fue reprogramado.

La actividad 4.1 debería llevar un 10% de avance en la fecha de estado según lo planeado, pero realmente no ha comenzado teniendo que ser reprogramada en su totalidad. La actividad 4.2 es dependiente de la actividad 4.1 y 3.7 por lo tanto para que la actividad 4.2 comience debe haber concluido la actividad 4.1 y 3.7. El retraso que tuvo la actividad 4.1 atraso las demás actividades modificando la fecha de término del proyecto conociéndose esto como ruta crítica.

3.4. AVANCE DE LA OBRA

A continuación se muestran ilustraciones de parte de lo que ha sido el proyecto, mostrando una breve secuencia de cómo ha ido avanzando el proyecto.

En la figura 3-17 se aprecia el hormigonado de los pedestales donde irán montados la turbina, el generador y el reductor.



Fuente: Tomada en terreno, elaboración propia

Figura 3-17. Hormigonado de pedestales

En la Figura 3-18 y 3-19 se aprecia el proceso de traslado y montaje de la turbina desde el remolque a su pedestal respectivo, se aprecia que el traslado e izaje de esta se realiza a través de un pórtico Megalift.



Fuente: Tomada en terreno, elaboración propia

Figura 3-18. Izaje de turbina



Fuente: Tomada en terreno, elaboración propia

Figura 3-19. Turbina siendo montada en su pedestal

En la Figura 3-20 y Figura 3-21 se aprecia el traslado y posicionamiento del generador eléctrico desde su remolque hacia su respectivo pedestal.



Fuente: Tomada en terreno, elaboración propia

Figura 3-20. Izaje de generador eléctrico



Fuente: Tomada en terreno, elaboración propia

Fuente 3-21. Montaje generador eléctrico

En la figura 3- 22 se aprecia la turbina y generador montados y el reductor siendo montado entre ellos.



Fuente: Tomada en terreno, elaboración propia

Figura 3-22. Montaje de reductor

En la Figura 3-23 se aprecia el avance actual de la obra, donde se puede apreciar turbina, generador y reductor ya montados y los cimientos del HRSG que aún no se comienza a construir.



Fuente: Tomada en terreno, Duro Felguera S.A

Figura 3-23. Avance actual de la obra

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El montaje de una central de ciclo combinado es un proyecto destinado al desarrollo energético del país, para comprender que es lo que se va a realizar hay que tener en cuenta cada uno de los equipos y elementos que componen la central, el rol que cumple cada uno de ellos y su funcionamiento.

Para la realización de cualquier proyecto es de vital importancia realizar una planificación de las actividades que se van a realizar antes de poner en marcha la obra, teniendo en cuenta los recursos que se utilizaran tanto humanos, materiales y económicos necesarios para completar el proyecto en su totalidad.


Una vez definidas las actividades que se realizaran y teniendo en cuenta los recursos disponibles se programan las actividades dándole un orden y tiempo necesario para su realización, además de programar actividades se programan los recursos que se tienen a disposición ya que son limitados y pueden ser requeridos en más de alguna actividad.

Para tener un buen desarrollo del proyecto se debe controlar lo planificado y programado, haciendo un seguimiento al avance y estado a cada una de las actividades que se realizaran durante la realización de la obra la que en este caso es la construcción de una central de ciclo combinado.

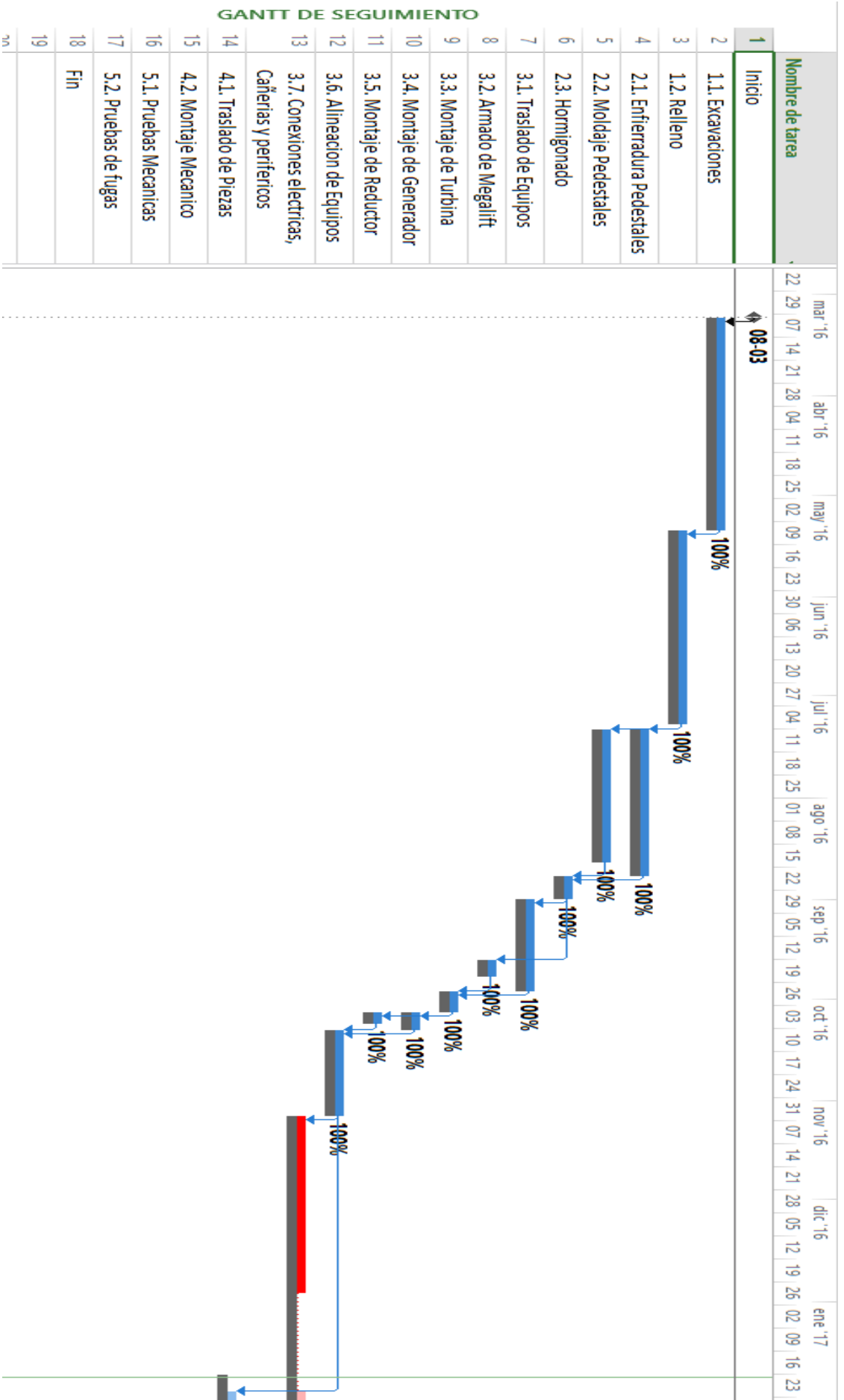
Se logra explicar en qué consiste una central de ciclo combinado y cuáles son las finalidades del proyecto, también se definieron las principales actividades que son necesarias para llevar a cabo el cumplimiento del proyecto y sus plazos aproximados, gestionando los tiempos y los recursos con un software.

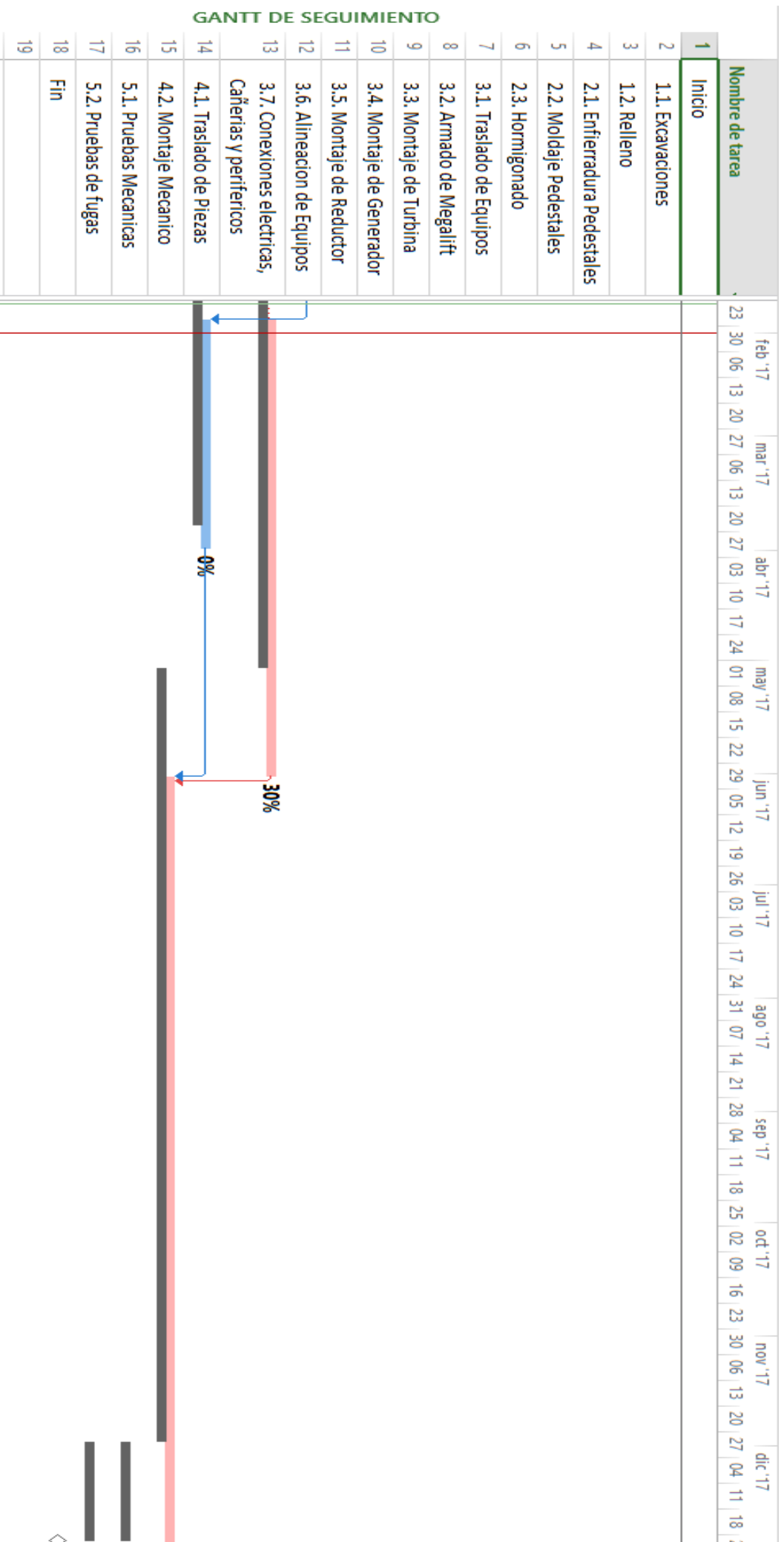
ANEXOS

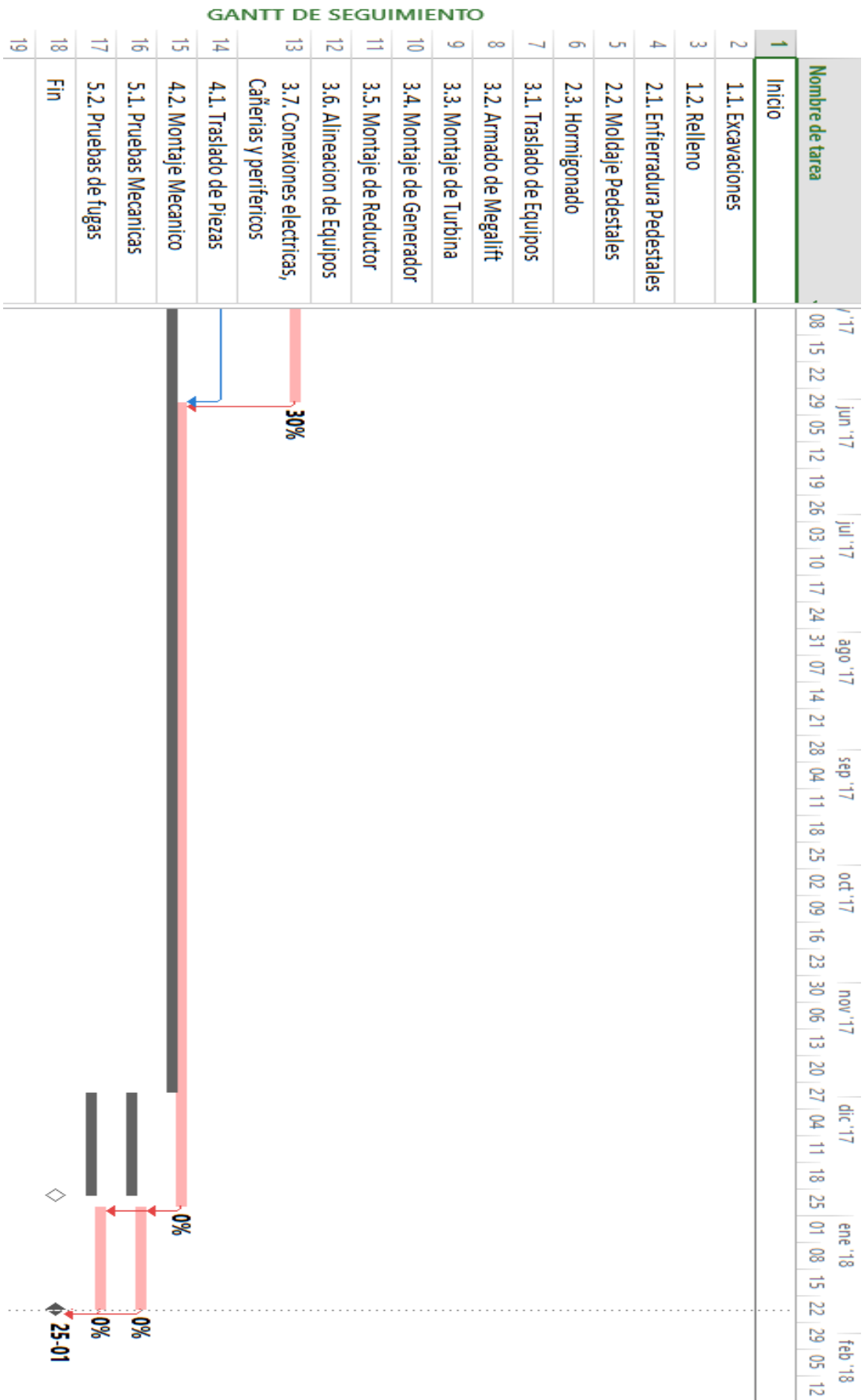
ANEXO A: CHECK LIST PROGRAMACIÓN BISEMANAL

		PLAN DE PUNTOS DE INSPECCIÓN INSPECTION AND TEST PLAN										NOMBRE DE ITPL No: 0	
		Proyecto: Project:		Localización: Zone:								Rev.: 0	
Alcance del trabajo: Scope of Work:		Plano o especificación: Drawing or Specification:										Fecha: Date:	
												Emitido por: Issued by:	
												XXX	
PUNTO POINT No	ACTIVIDAD ACTIVITY	NORMA o PROCEDIMIENTO STANDARD or APPLICABLE PROCEDURE	INSPECCIÓN INSPECTION		SUBCONTRACTOR		DF Energy		CUSTOMER		Firma / Fecha Sign / Date	NOTES	
			TIPO / TYPE	%	Cod	Firma / Fecha Sign / Date	Cod	Firma / Fecha Sign / Date	Cod	Firma / Fecha Sign / Date			
1													
1.1													
1.2													
1.3													
1.4													
1.5													
...													
2													
2.1													
2.2													
...													
3													
3.1													
3.2													
...													
COMENTARIOS / REMARKS:													
NOTA/NOTE:			SUBCONTRATISTA / SUBCONTRACTOR:				DF Energy:				CLIENTE / CUSTOMER:		
H = PUNTO DE ESPERA/HOLD POINT W = PUNTO DE AVISO/WITNESS POINT R= REVISION DOC/REPORTS or RECORDS REVIEW			Aprobado/Approved: Fecha/Date:				Aprobado/Approved: Fecha/Date:				Aprobado/Approved: Fecha/Date:		

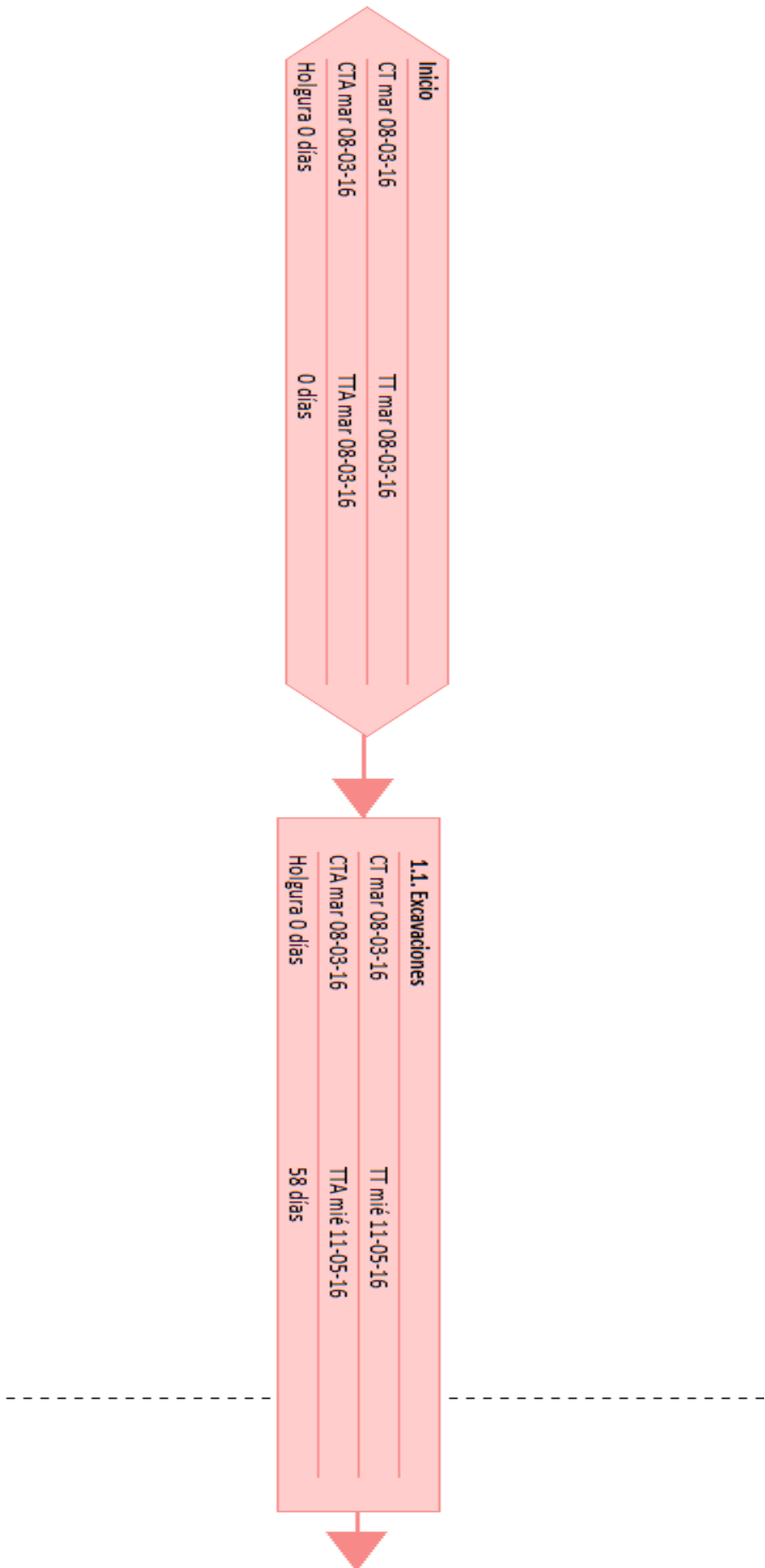
ANEXO B: CARTA GANTT







ANEXO C: DIAGRAMA DE RED



2.1. Enferradura Pedestales	
CT lun 11-07-16	TT mié 24-08-16
CTA lun 11-07-16	TTA mié 24-08-16
Holgura 0 días?	40,38 días?

1.2. Relleno	
CT mié 11-05-16	TT sáb 09-07-16
CTA mié 11-05-16	TTA sáb 09-07-16
Holgura 0 días?	53,38 días?

2.2. Moldaje Pedestales	
CT lun 11-07-16	TT sáb 20-08-16
CTA mié 13-07-16	TTA mié 24-08-16
Holgura 2,88 días?	37,5 días?

3.1. Traslado de Equipos	
CT mié 31-08-16	TT mié 28-09-16
CTA mié 31-08-16	TTA mié 28-09-16
Holgura 0 días?	25 días?

2.3. Hormigonado	
CT mié 24-08-16	TT mié 31-08-16
CTA mié 24-08-16	TTA mié 31-08-16
Holgura 0 días?	6,25 días?

3.2. Armado de Megalift	
CT lun 19-09-16	TT vie 23-09-16
CTA jue 22-09-16	TTA mié 28-09-16
Holgura 3,5 días?	5,63 días?

3.3. Montaje de Turbina

CT mié 28-09-16	TT mar 04-10-16
CTA mié 28-09-16	TTA mar 04-10-16
Holgura 0 dias?	5,63 dias?

3.4. Montaje de Generador

CT mié 05-10-16	TT lun 10-10-16
CTA mié 05-10-16	TTA lun 10-10-16
Holgura 0 dias?	4,5 dias?

3.5. Montaje de Reductor

CT mié 05-10-16	TT sáb 08-10-16
CTA mié 05-10-16	TTA lun 10-10-16
Holgura 0,5 dias?	4 dias?

3.6. Alineacion de Equipos	
CT lun 10-10-16	TT sáb 05-11-16
CTA lun 10-10-16	TTA sáb 05-11-16
Holgura 0 dias	24 dias

3.7. Conexiones electricas, Cañerías y perifericos	
CT sáb 05-11-16	TT mar 02-05-17
CTA sáb 05-11-16	TTA mar 02-05-17
Holgura 0 dias	159 dias

4.1. Traslado de Piezas	
CT sáb 28-01-17	TT vie 31-03-17
CTA mié 01-03-17	TTA mar 02-05-17
Holgura 28,5 dias?	55,63 dias?

4.2. M	
CT mié	
CTA m	
Holgu	

