



Experiencia de uso racional de la Energía en el sector industrial



Planta de Cogeneración

Recopilación de Lecturas y datos de una planta de cogeneración con bunker como combustible, para mostrar el ahorro obtenido en recuperación de calor.

Planta de Cogeneración

- Una Planta de cogeneración es aquella que produce potencia eléctrica junto con una salida térmica. en forma de flujo de vapor o flujo de agua (Por medio de instalación de intercambiadores de calor vapor-agua), como subproducto para consumo industrial (o residencial).
- La relación potencia eléctrica al calor varía, dependiendo del tipo de planta de potencia. Si la planta se localiza en un complejo industrial, su objetivo principal es, a menudo, suministrar vapor o agua caliente para consumo industrial. En este caso la energía eléctrica se considera como un subproducto.

Planta de Cogeneración

- Existen dos plantas de cogeneración conceptualmente diferentes. Una es la planta de cogeneración basada en la turbina de vapor, que consiste en una turbina con las usuales extracciones de vapor controladas para proporcionar vapor para el proceso industrial.
- La otra es una es una planta cogeneradora basada en una turbina de gas que descarga los productos de la combustión a través de uno o mas generadores de vapor de recuperación de calor los cuales producen vapor para suministro térmico.

Planta de Cogeneración Caldera en operación y Caldera en construcción en un ingenio en Guatemala



Planta de Cogeneración

- Una planta de cogeneración tiene las siguientes características operacionales mayores: Salida eléctrica en kWh (o KJ); salida térmica en kJ(kcal o Btu); y relación térmica en kJ/kWh(Btu/kWh).
- La relación térmica de la planta de cogeneración requiere definición especial. Para una planta generadora convencional, la relación térmica representa el consumo de energía en forma de calor kJ (kcal, Btu) por kilowattthora de salida eléctrica. Esta definición no toma en cuenta la salida de calor. Las plantas de cogeneración siempre tiene 2 salidas que usualmente es energía eléctrica y vapor o agua caliente.

Planta de Cogeneración

- La relación térmica de la planta de cogeneración se basa en la relación $(Q1-Q2)/P$. donde $Q1$ es la entrada de calor a la planta de cogeneración en kJ(kcal oBtu); $Q2$ es la entrada condicional de calor de calor con combustible al generador convencional de vapor para producir una salida térmica igual a la producida por una planta de cogeneración, en kJ (kcal o Btu) y P es la salida eléctrica en kWh.
- Esta definición de relación térmica asigna todos los beneficios de la potencia combinada y la generación de vapor para la producción de potencia.

Planta de Cogeneración

- La eficiencia termodinámica de una planta de cogeneración debe ser evaluada haciendo uso de la siguiente exposición: La eficiencia $\eta = (P+H)/Q_1$.
donde P y H son las salidas de potencia y de energía en forma de calor de la planta de cogeneración, respectivamente, se expresan en las mismas unidades térmicas que Q1.

Planta de Cogeneración en un ingenio azucarero en Guatemala



Planta de Cogeneración en un Ingenio Azucarero en Guatemala Almacén de Carbón



Planta de Cogeneración con Bunker

- Energía Eléctrica: Producto Principal
- Frío : Subproducto A/A para planta de producción
- Vapor: Subproducto para proceso Textil

Planta de Cogeneración y Subestación Eléctrica



Almacenamiento de Combustibles



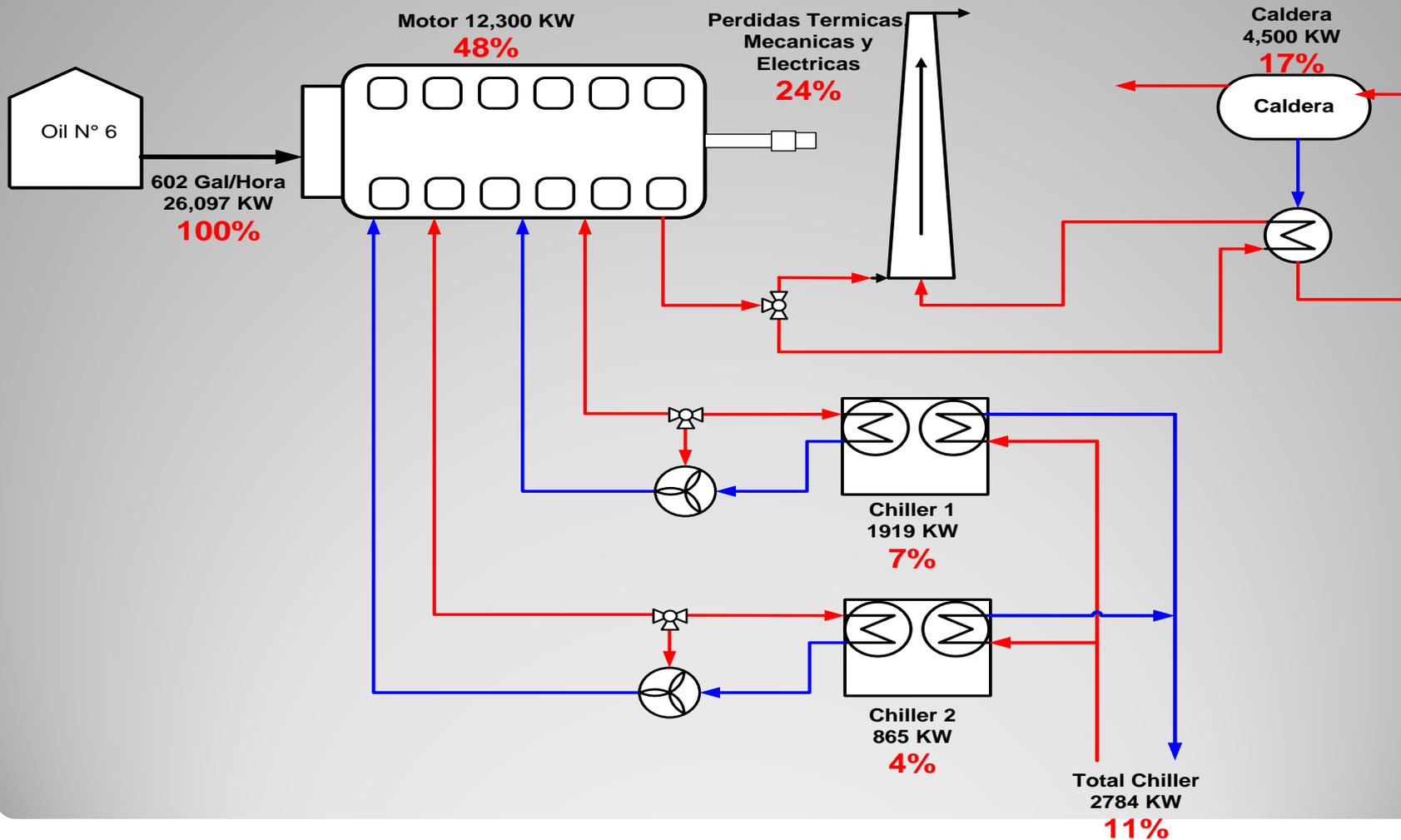
Descripción General

- El proyecto de Cogeneración con Bunker (Aceite Pesado o Heavy Fuel Oil) en una planta de manufacturera es una estación de producción de energía eléctrica y recuperación de calor para obtener subproductos como el agua fría para aire acondicionado y vapor de agua para la producción de la planta, usando como fuente principal la combustión del Bunker (Oil #6) en un motor de combustión interna marca MAN (Machines Augsburg Nuremberg), Alemania, con una potencia de instalada de 12,600 KW

Capacidad Instalada

- La Capacidad Nominal Instalada de Energía Eléctrica es de 12,200 KW.
- La Capacidad Nominal Instalada en Generacion de Agua Fria es 2,784 KW (790 RTU).
- A Capacidad Nominal de Generacion de Vapor es de 4,500 KW (12,870 Lb/h).
- La Disponibilidad Garantizada es del 92%, Esto Significa 8,147,520 KWH / Mes.

Eficiencia Térmica Instalación del 76%



Características del Motor



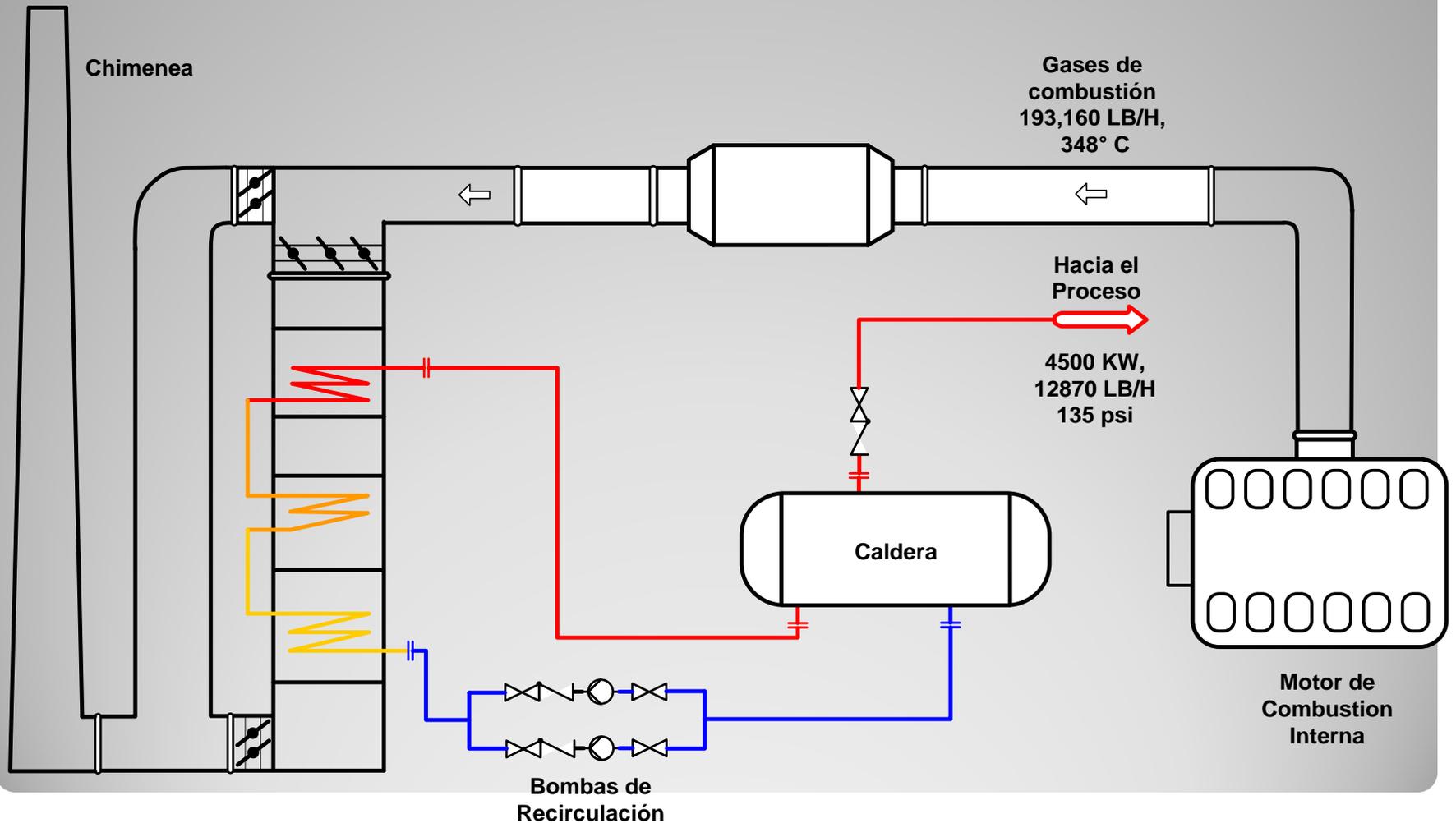
- Marca: **MAN B&W Diesel**
 - Modelo: **12V48/60B***
 - Bore: **48 mm**
 - Carrera: **600 mm**
 - Potencia: **12.6 MW (1.05MW/Cilindro)**
 - N° Cilindros: **12 (Distribución V)**
 - Combustible: **Oil N°2 /Oil N°6**
 - Tiempos: **4**
 - RPM: **514**
 - Turbo: **1 unidad TCA (Axial)**
 - Enfriadores: **2 unidades**
 - Velocidad del Piston: **10.3 m/s**
- * B La nueva version de Motores MAN*

• Características del Generador



- Marca: **Leroy Somer**
- Modelo: **LSA62 B125**
- Potencia: **15.325 MVA**
- Voltaje: **13800 V**
- F.P: **0.8**
- N° Polos: **14**
- RPM: **514.3**
- Frecuencia: **60 Hz**
- Entrehierro de Generador : **10mm**
- Entrehierro de Excitador: **2mm**
- Clase de Isolación: **H**
- Excitación: **Sin escobillas**
- Tipo de Regulador: **Shunt**

Flujograma del Sistema de Vapor



Características del Chiller (Alta Temperatura)

▪ Marca:	York
▪ Modelo:	YIA HW 8E1 46
▪ Potencia de Refrigeración:	1916 KW 544.8 Ton
▪ Potencia de Absorción:	10.7 KW
▪ Pot. Electrica Consumida:	24.3 KW
▪ Voltaje:	460 V, 3~,60Hz

Evaporador

▪ Flujo de Agua:	275 m3/h
▪ Temp. de Entrada:	14° C
▪ Temp. de Salida:	8° C
▪ Perdidas por Carga:	117.9 KPa
▪ Pasos:	3
▪ Tuberia:	CU 22 BWG

Condensador

▪ Flujo de Agua:	573.1 m3/h
▪ Temp. de Entrada:	32° C
▪ Temp. de Salida:	39° C
▪ Perdidas por Carga:	63.7 KPa
▪ Pasos:	2+1
▪ Tuberia:	CU 22 BWG

Generador

▪ Flujo de Agua:	96 m3/h
▪ Temp. de Entrada:	115° C
▪ Temp. de Salida:	90° C
▪ Perdidas por Carga:	25.2 KPa
▪ Pasos:	2
▪ Tuberia:	CU 20 BWG
▪ COP:	0.718

Características del Chiller (Baja Temperatura)

▪ Marca:	York
▪ Modelo:	YIA HW 7D1 46
▪ Potencia de Refrigeración:	865 KW 246 Ton
▪ Potencia de Absorción:	9.2 KW
▪ Pot. Electrica Consumida:	18.8 KW
▪ Voltaje:	460 V, 3~,60Hz

Evaporador

▪ Flujo de Agua:	124.13 m3/h
▪ Temp. de Entrada:	14° C
▪ Temp. de Salida:	8° C
▪ Perdidas por Carga:	39.6 KPa
▪ Pasos:	3
▪ Tubería:	CU 22 BWG

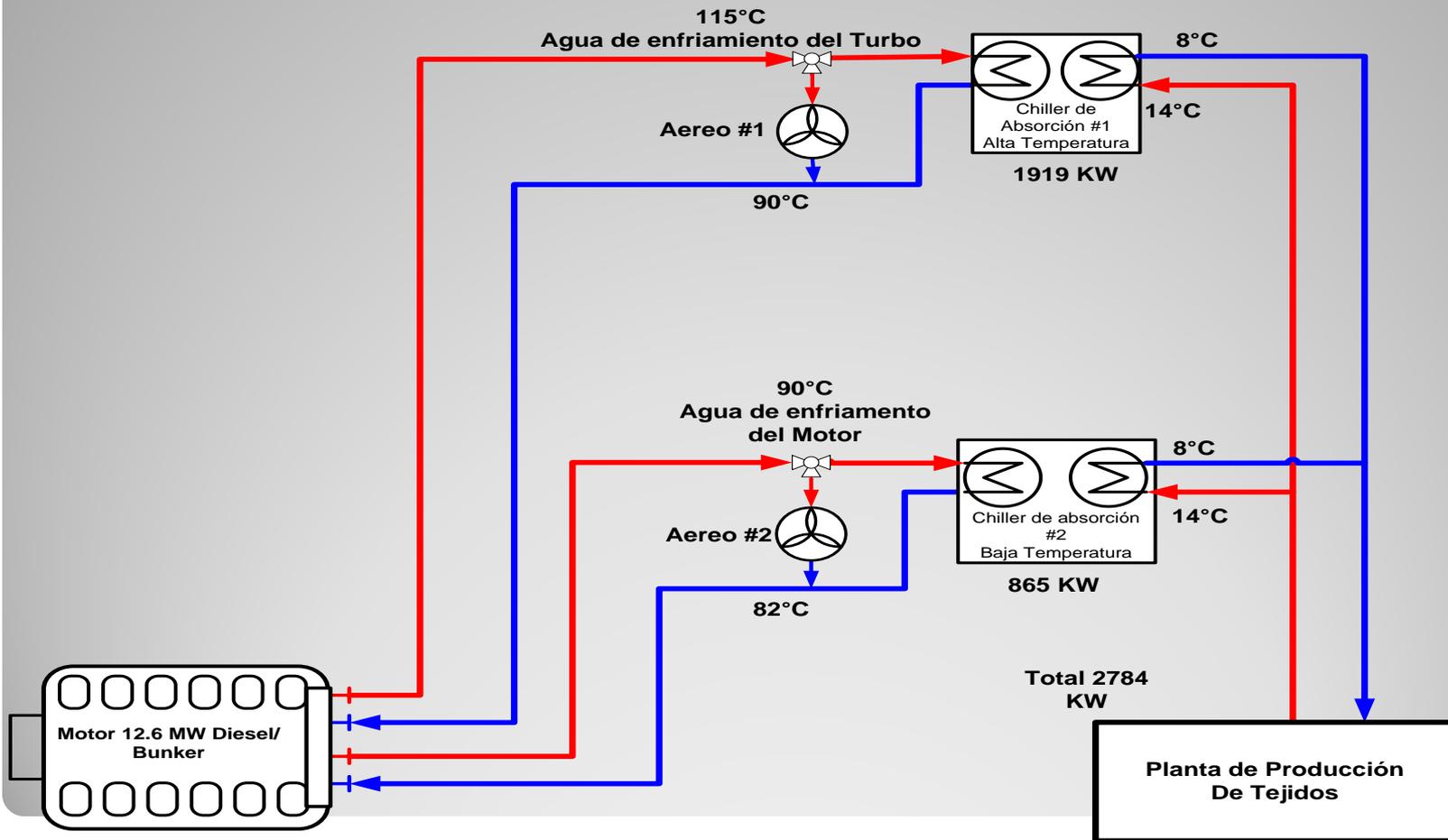
Condensador

▪ Flujo de Agua:	520.2 m3/h
▪ Temp. de Entrada:	32° C
▪ Temp. de Salida:	35.6° C
▪ Perdidas por Carga:	82.8 KPa
▪ Pasos:	2+1
▪ Tubería:	CU 22 BWG

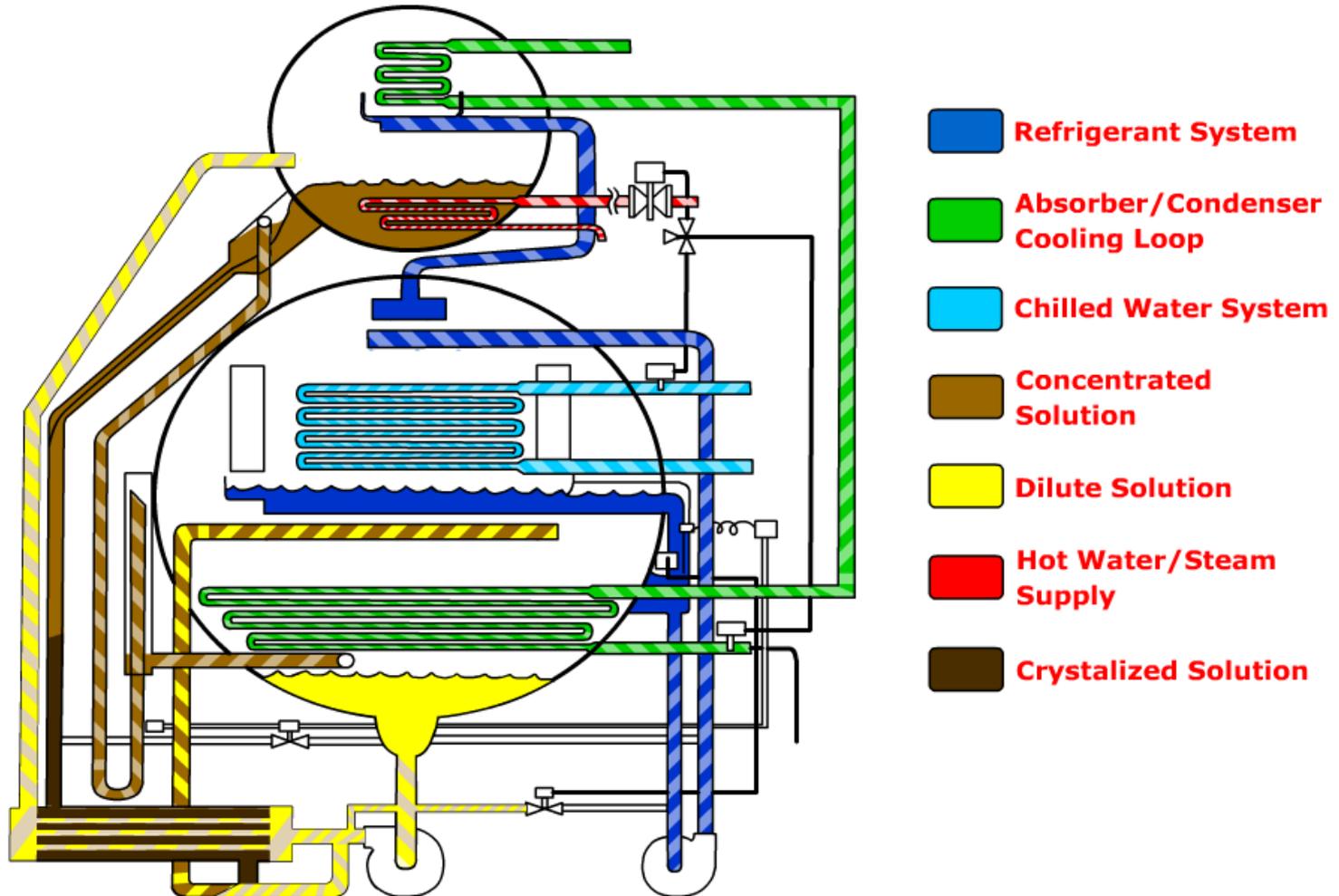
Generador

▪ Flujo de Agua:	125 m3/h
▪ Temp. de Entrada:	90° C
▪ Temp. de Salida:	82° C
▪ Perdidas por Carga:	86.7 KPa
▪ Pasos:	2
▪ Tubería:	CU 20 BWG
▪ COP:	0.682

Diagrama de Flujo de Producción de Frío



Esquema de Funcionamiento del Chiller de Absorción



animación



Package

OBJETIVOS DE LA PLANTA DE COGENERACION

- Disponer de suministro eléctrico para situaciones de emergencia, en las que se haya interrumpido el servicio de la compañía distribuidora, que permita seguir en funcionamiento el proceso de producción de la fábrica.
- Generar en servicio continuo, la energía eléctrica consumida por la fábrica.
- Producir vapor para su consumo en la fábrica.
- Producir agua fría para su uso en la fábrica.

Comparación entre soluciones: instalar uno o dos motores

Tras un detallado análisis de los principales parámetros y la forma de funcionamiento de la fábrica, se ha propuesto un solo motor 12V48/60 de 12.600 KW en lugar de dos (2) motores 12V32/48, $2 \times 5.800 = 11.600$ KW, por varios motivos:

- El perfil de consumos de la fábrica, tanto térmico como eléctrico es prácticamente plano (estable) durante todo el año. En esta situación, dos motores no aportan ninguna ventaja respecto a uno, pues no se requiere modulación de cargas importante, Esto aún es más claro si se pretende enviar energía a la red eléctrica.

Comparación entre soluciones instalar uno o dos motores: Menor costo de Mantenimiento

- Con un motor se tienen 12 cilindros (puntos críticos) en lugar de 24 cilindros (puntos críticos) que hay con 2 motores.
 - La velocidad es menor 514 r.p.m. frente a 720 r.p.m.
 - Para este motor (48/60), se dispone de un gran centro de repuestos y personal de mantenimiento de modo continuo, a menos de 50 Kms de la fábrica. Esto implica una reducción en los costes de mantenimiento del motor y una mayor rapidez en la resolución de averías, con lo que la disponibilidad real sin duda aumentaría.
-

Comparación entre soluciones instalar uno o dos motores

Se consumen 5,4gr./Kwh. menos para el caso de un motor que para el caso de dos (2) motores.

Menor autoconsumo en planta, casi un 1%, lo que supone cada hora entre 95 y 126 KW más.

Se dispone de 660 KWe más, con lo que en caso de poder vender a red o bien hay ampliaciones parciales más o menos inmediatas, la mejora económica es notable.

Se producen 300 Kg/h más de vapor, lo que suponen 2.400 t/año más de vapor anualmente.

Comparación entre soluciones instalar uno o dos motores

Son motores más robustos que admiten combustibles más pesados y por lo tanto más baratos.

Ocupa menos espacio, con lo que se mejora la accesibilidad de elementos dentro del terreno asignado.

Descripción de la Instalación Cogeneración

La instalación prevista consiste en un ciclo simple con un motor alternativo, con una caldera de recuperación de los gases de escape para producción de vapor. El agua de alta temperatura de los motores se utiliza para obtener agua fría para refrigeración. El motor emplea fuel oil como combustible para funcionamiento a régimen, y gas oil para el arranque.

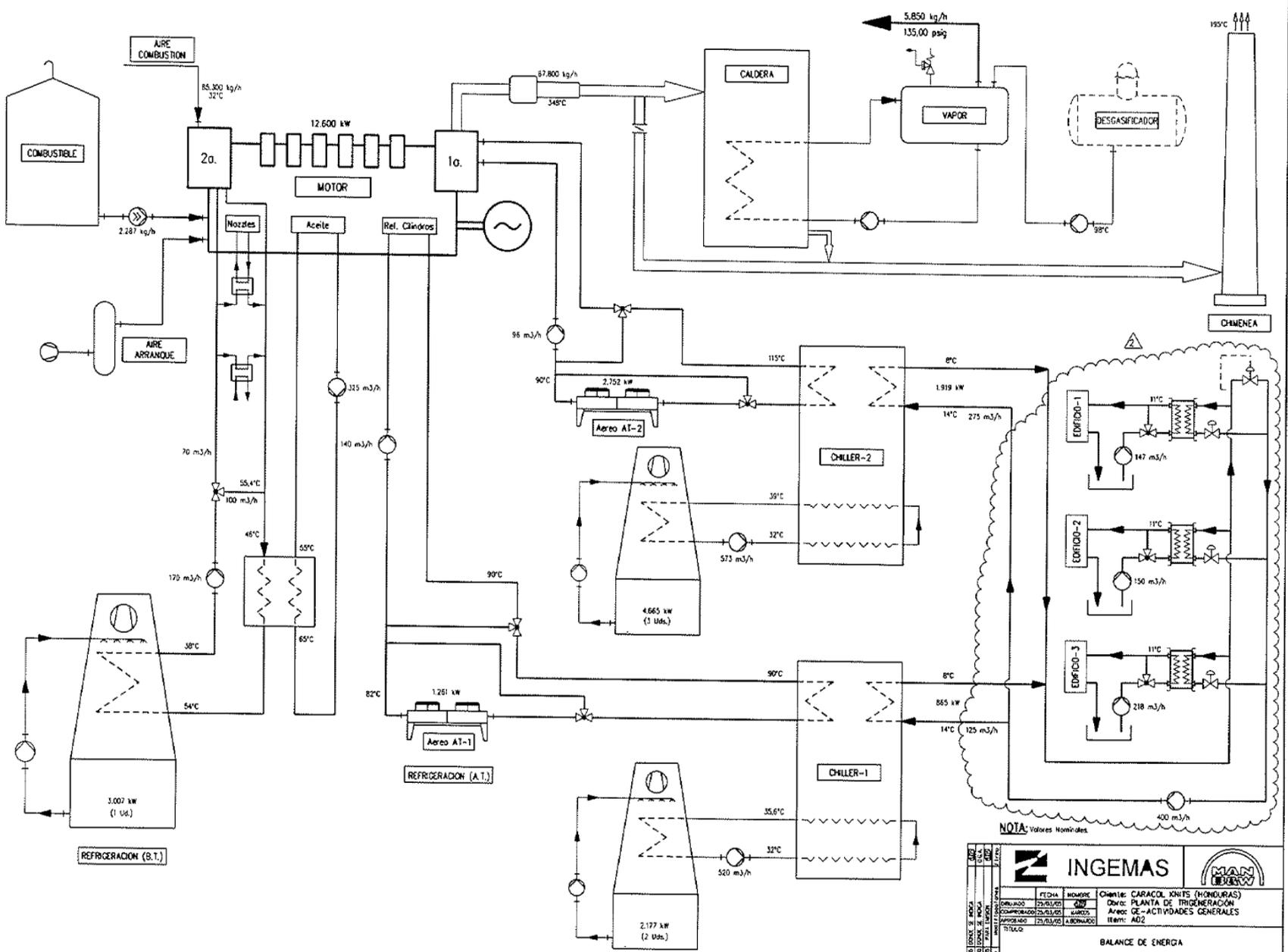
Descripción de la Instalación Cogeneración

Los elementos fundamentales que componen la instalación son:

- Motogenerador alternativo de fuel oil pesado.
- Conductos de gases a caldera de vapor, con by-pass de humos.
- Caldera de recuperación de vapor.
- Equipos de absorción (Chiller) para producción de agua fría.
- Interconexión eléctrica.

Descripción de la Instalación Cogeneración

- Sistema de tratamiento y almacenamiento del fuel oil pesado y gas oil.
- Sistemas de refrigeración externa, por aerorrefrigeradores y torres refrigeradoras.
- Sistema de tratamiento y alimentación del aceite. Redes de agua, vapor y aire comprimido
- Sistemas de ventilación de naves y salas.
- Sistema contra incendios.



NOTA: Valores Nominales.

CLIENTE: CARACOL XONITS (HONDURAS) OBRA: PLANTA DE TRIGENERACION AREA: GE-ACTIVIDADES GENERALES ITEM: AD2	FECHA: 25/03/05 HORAS: 282 DISEÑADO: 25/03/05 APROBADO: 25/03/05 TITULO:	ESCALA: % FORMATO: A1 PLANO: # 2004062/GE/A02/PF/0001	
BALANCE DE ENERGIA			
		SEV. 2	

Descripción de la Instalación Generación de Electricidad

Desde el punto de vista de la generación de electricidad, ésta se realiza mediante un motogenerador (ampliable en el futuro), que acoplado al correspondiente alternador es capaz de generar una potencia de 12.600 KW.

El motogenerador está alojado en una nave, de dimensiones 22x13, 5x15, 55 m. de altura máxima en cumbrera. A esta nave se llevan las tuberías de suministro de los distintos fluidos, y el colector de gases de escape mediante el rack correspondiente.

Descripción de la Instalación Edificios

La nave está construida en estructura metálica y cuenta con cerramientos insonorizantes, para evitar la propagación al exterior del ruido producido por el motor. Los cerramientos laterales se realizan con material de alto poder insonorizante, y la cubierta con chapa tipo sándwich.

El aislamiento acústico instalado en la nave garantiza, que el nivel de ruido en el exterior de la nave y límite de parcela, cumple con la legislación vigente al respecto.

Descripción de la Instalación Edificios

El motogenerador está alojado en una nave, de dimensiones 22x13, 5x15, 55 m. de altura máxima en cumbre. A esta nave se llevan las tuberías de suministro de los distintos fluidos, y el colector de gases de escape mediante el rack correspondiente.

La nave está construida en estructura metálica y cuenta con cerramientos insonorizantes, para evitar la propagación al exterior del ruido producido por el motor. Los cerramientos laterales se realizan con material de alto poder insonorizante, y la cubierta con chapa tipo sándwich.

Descripción de la Instalación Edificios

El aislamiento acústico instalado en la nave garantiza, que el nivel de ruido en el exterior de la nave y límite de parcela, cumple con la legislación vigente al respecto.

La nave dispone también de un puente grúa monocarril con polipasto, para mantenimiento del motor.

El motor está directamente acoplado a un alternador para la generación eléctrica a M.T., que es exportada a la red.

Descripción de la Instalación Edificios

El control del motor y todos los auxiliares, así como el C.C.M de auxiliares y todas las protecciones de los generadores eléctricos y red de M.T., están alojados en una nave anexa, en la que está previsto también un espacio para taller de mantenimiento y almacén. También está prevista un área de servicios del personal de planta, con vestuarios y servicios.

Descripción de la Instalación Edificios

Grupo Motogenerador

Es de ejecución compacta, formado por motor y alternador montados sobre una bancada metálica, que se apoya sobre soportes elásticos en la bancada de obra civil.

El combustible se introduce directamente en la cámara de combustión a través de los inyectores, mezclándose con el aire de combustión y aire de arranque que llega del turbo compresor. Durante la combustión, se producen gases que originan un gradiente de presión que mueve el émbolo del cilindro. Este movimiento alternativo se convierte en movimiento rotativo del eje, mediante un sistema biela-manivela, que mueve el rotor del alternador.

Descripción de la Instalación Edificios

Además de esta energía eléctrica, durante el funcionamiento del motor alternativo, se produce energía térmica en la refrigeración de las partes mecánicas del mismo. En concreto, el motor está refrigerado por dos circuitos independientes de agua. El circuito de baja temperatura (B.T^a.) refrigera el aire de arranque + combustión, el aceite, los inyectores de fuel y la 2^a etapa, mientras que el circuito de alta temperatura (A.T^a.) refrigera las culatas y las camisas de los cilindros y la 1^a etapa.

Descripción de la Instalación Edificios

La generación de energía eléctrica se realiza por medio de un alternador sincrónico.

Una parte de la energía térmica residual, en forma de gases de escape será aprovechada en una caldera de recuperación. El agua de refrigeración (A.T^a.) se utiliza en dos Chillers, para producción de agua fría a usar en fábrica.

Descripción de la Instalación Edificios

Los gases de escape, a la salida del motogenerador, son enviados bien a la chimenea o a la caldera de recuperación, a través de un sistema cuyos elementos más importantes son:

- Conductos de gases, para transportar los gases de escape del motor hasta la chimenea o hasta la caldera de recuperación cuando corresponda.
- Silenciador en la tubería de los gases de escape.
- Conducto de by-pass de gases desde el motor a la atmósfera.
- Válvulas distribuidoras de gases, para regulación y corte.
- Válvulas de aislamiento de gases, para seguridad del motor.
- Chimenea de gases de escape.

Descripción de la Instalación Edificios

Para su funcionamiento, el motor necesita combustible filtrado y depurado a una temperatura aproximada de 120° C. A tal efecto, se ha previsto un sistema de tratamiento y alimentación de combustible.

El motor utiliza como combustible fuel oil para el funcionamiento a régimen y gas oil para el arranque. Se prevén en el cubeto de tanques tres (2+1) depósitos para el almacenamiento de los mismos, además de un tanque diario y otro de servicio para el fuel oil.

INVERSIÓN EN BIENES DE CAPITAL DEL PROYECTO DE TRIGENERACIÓN

PRESUPUESTO DE INVERSIÓN DE LA PLANTA DE TRIGENERACIÓN

ELECTRICIDAD, VAPOR Y AIRE ACONDICIONADO

INSTALACIONES Y EQUIPOS	Presupuesto original [US\$]	Importe Final [US\$]	Diferencia [US\$]	Extra Costes Contratista [US\$]	Adicionales Propietario [US\$]
OBRA CIVIL	720,000.00	740,000.00	20,000.00		20,000.00
EDIFICACIONES Y RACKS	650,000.00	680,000.00	30,000.00		30,000.00
EQUIPOS PRINCIPALES :					
CALDERA DE RECUPERACIÓN	900,000.00	900,000.00	0.00		
CHILLERS	650,000.00	650,000.00	0.00		
MOTOR	4700,000.00	4700,000.00	0.00		
TANQUES DE COMBUSTIBLES	360,000.00	360,000.00	0.00		
PIPING, INCLUIDAS BOMBAS	1750,000.00	1820,000.00	70,000.00	6,000.00	65,000.00
CIRCUITO DE AGUA FRÍA	89,300.00	550,000.00	460,700.00	320,000.00	140,000.00
INSTALACIÓN ELÉCTRICA	1400,000.00	1400,000.00	0.00	0.00	
TRANSPORTE DEL MOTOR	380,000.00	900,000.00	520,000.00	515,000.00	5,000.00
OTROS		20,500.00	20,500.00		20,500.00
SUBTOTAL SOBRE COSTES				841,000.00	280,500.00
TOTAL	11599,300.00	12720,500.00	1121,200.00	1121,500.00	

Resultados de Explotación

CONCEPTO	UNIDAD	VALOR		OBSERVACIONES	
nº de motores	nº	1			
Modelo	Man	12V 48/60			
Potencia mecànica instalada	kwm	12,600			
Potencia elèctrica instalada	kwe	12,200.00			
horas de funcionamiento año por disponibilidad motor	h/año	8,064			
Autoconsumo de la instalaciòn	kwe	4.00%		Incluye Grupo de absorciòn	
Consumo especifico de combustible MOTOR	g/kwh	181.50			
consumo de aceite	kg/hora	11.00			
consumo electrico de fabrica	kwe/h	9,500			
Energia vendida a la red elèctrica	Kwh/año	15950,000	89.42%	del total disponible para RED	
Produccion util vapor enviada a fàbrica	kg/hora	5,200			
Producciòn de frio enviada a fabrica	Tm refriger/h	750			
Perdidas asumidas en tanques de lodos	%	5.00%			
Precio efectivo del bunker	\$/barril	30.000			
Precio del aceite	\$/kg	1.20			
Precio marginal venta excedentes a la red	\$/kwh	0.060			
Precio electricidad consumida por Fàbrica	\$/kwh	0.081			
coste del consumo de red por la fàbrica	\$/kwh	0.130			
Coste del vapor=venta a fàbrica por la trigeneraciòn	\$/tm	12.00			
Coste frio a fàbrica por la trigeneraciòn	\$/Tm refriger	0.110		para producir 1 Tm se consume 1,2 kwh	
coste anual de personal	\$/año	80,000			
Coste mantenimiento	\$/kwhm	0.00373			
Coste anual de seguros y administraciòn	%ingresos	5.50%			
Imprevistos y varios	%ingresos	3.00%			

Planta de Cogeneración con Motor de Combustión Interna

Ejemplo de análisis de costos en cuadros de Excel.