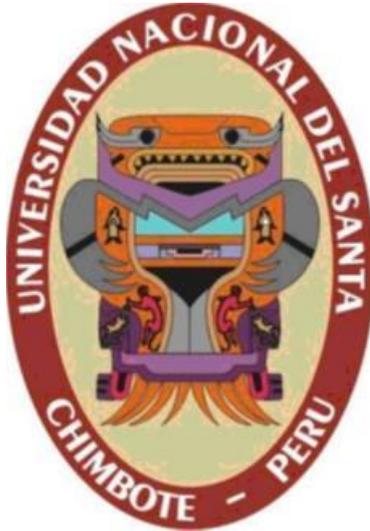


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ENERGIA



TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGIA

**“EFECTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCESO DE TRIGENERACIÓN
SOBRE EL CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA EN UN HOSPITAL”**

TESISTA:

BACH. WALTER MIGUEL HEREDIA MARQUEZ

ASESOR:

Mg. AMANCIO ROJAS FLORES

**NVO. CHIMBOTE – PERU
2020**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

La presente Tesis para Título ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando encuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R.D: N°492-2017-CU-R-UNS) de acuerdo a la denominación siguiente

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN
ENERGIA**

**“EFECTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCESO DE
TRIGENERACIÓN SOBRE EL CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA EN
UN HOSPITAL”**

TESISTA:
BACHILLER: WALTER MIGUEL HEREDIA MARQUEZ

Mg. Amancio Ramiro Rojas Flores
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



**CARTA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR
DE TESIS**

Damos la conformidad del presente informe, desarrollado en cumplimiento del objetivo propuesto y presentado conforme al Reglamento General para Obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R. N° 492-2017-CU-R-UNS); intitulado:

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN
ENERGIA**

**“EFECTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCESO DE
TRIGENERACIÓN SOBRE EL CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA EN
UN HOSPITAL”**

TESISTA:
BACHILLER: WALTER MIGUEL HEREDIA MARQUEZ

Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán
PRESIDENTE

M. Sc. Julio Hipólito Néstor Escate Ravelo
SECRETARIO

Mg. Amancio Ramiro Rojas Flores
INTEGRANTE



Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

A los veinticuatro días del mes de febrero del año dos mil veinte, siendo la una de la tarde, se instaló en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 015-2020-UNS-CFI, integrado por los siguientes docentes:

- Mg. ROBERT FABIAN GUEVARA CHINCHAYAN : PRESIDENTE
- M.Sc. JULIO NESTOR HIPOLITO ESCATE RAVELLO : SECRETARIO
- Mg. AMANCIO RAMIRO ROJAS FLORES : INTEGRANTE
- Ing. CARLOS MACEDONIO MONTAÑEZ MONTENEGRO : ACCESITARIO

Para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis titulada: "EFECTO DE LA IMPLEMENTACION DE UN PROCESO DE TRIGENERACION SOBRE EL CONSUMO DE ENERGIA PRIMARIA EN UN HOSPITAL", elaborada por el Bachiller de Ingeniería en Energía: WALTER MIGUEL HEREDIA MARQUEZ con código de matrícula 199211025, teniendo como asesor al docente MG. AMANCIO RAMIRO ROJAS FLORES, designado mediante Resolución N° 035-2018-UNS-FI..

Terminada la sustentación, el bachiller respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, el contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 103° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
WALTER MIGUEL HEREDIA MARQUEZ	Diecisiete(17)	Muy Bueno

Siendo las dos de la tarde, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.


Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán
PRESIDENTE


M.Sc. Julio Hipólito Néstor Escate Ravello
SECRETARIO


Mg. Amancio Ramiro Rojas Flores
INTEGRANTE

DEDICATORIA

A mis padres por la confianza que me brindan
día a día y por todo el esfuerzo realizado para
forjarme como persona y profesional.

A mi esposa y mi hija por ser el motivo de mi
inspiración en las duras batallas de la vida.

A mis hermanos y hermanas que siempre
estuvieron presentes en las buenas y en las
malas.

RESUMEN

La presente investigación está encaminada a determinar el efecto o influencia de la implementación de un sistema de trigeneración en una planta hospitalaria que utiliza, por separado, energía eléctrica de la red de distribución y genera vapor a partir de una caldera utilizando como combustible el Diesel B5.

La investigación es descriptiva y aplicada, en donde se toma en cuenta los datos de partida de una planta existente de uso convencional y se la compara con el modelo propuesto de trigeneración considerando parámetros como el Rendimiento Eléctrico Efectivo (REE), la relación Electricidad-calor útil (C) y el ahorro de energía primaria (PES).

La nueva propuesta de Trigeneración tiene un Rendimiento Eléctrico Efectivo de 0,67 y una relación Electricidad – Calor útil de 0,88, los cuales son mayores que los valores mínimos establecidos en el Reglamento de Cogeneración por lo cual puede ser considerada como una “central de cogeneración calificada”.

Respecto al ahorro de energía primaria (PES), con la propuesta de trigeneración se consigue un PES de 16,32 %, el cual es un valor alto si se tiene en cuenta que, según la normatividad europea, un PES mayor al 10% considera a una Central como de alta eficiencia.

ABSTRACT

The present investigation is aimed at determining the effect or influence of the implementation of a trigeneration system in a hospital plant that uses, separately, electric power from the distribution network and generates steam from a boiler using the Diesel B5 as fuel.

The research is descriptive and applicative, where the starting data of an existing conventional use plant is taken into account and compared with the proposed trigeneration model considering parameters such as Effective Electric Performance (REE), the Electricity-heat ratio Useful (C) and primary energy savings (PES).

The new Trigeneration proposal has an Effective Electric Performance of 0.67 and an Electricity - Heat ratio of 0.88, which are greater than the minimum values established in the Cogeneration Regulation, which can be considered as a “central of qualified cogeneration”.

Regarding primary energy savings (PES), with the trigeneration proposal, a PES of 16.32% is achieved, which is a high value if one considers that, according to European regulations, a PES greater than 10% considers to a Central as high efficiency.

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	11
INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 ANTECEDENTES	12
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.3 OBJETIVOS:.....	16
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	16
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.4 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	16
1.5 Justificación e Importancia	17
1.6 Limitaciones.....	18
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1 FUENTES DE ENERGÍA	21
2.1.1 ENERGÍA PRIMARIA	21
2.1.2 ENERGÍA SECUNDARIA.....	21
2.2 MATRIZ ENERGÉTICA.....	21
2.3 GENERACIÓN DISTRIBUIDA.....	22
2.4 SISTEMAS DE COGENERACIÓN.....	26
2.4.1 COGENERACIÓN	26
2.4.2 COGENERACIÓN A PEQUEÑA ESCALA.....	26
2.4.3 REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN.....	29
2.4.4 TRIGENERACIÓN	32
2.4.5 COMBUSTIBLES PARA COGENERACIÓN	33
2.5 IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE TRIGENERACIÓN	34
2.6 MARCO NORMATIVO.....	34
2.6.1 MARCO REGULATORIO ENERGÉTICO.....	34
2.6.2 POLÍTICA ENERGÉTICA 2010 - 2040.....	35
2.6.3 LEY DE CONCESIONES ELÉCTRICAS (LCE)	36
2.6.4 LEY N° 27133 “LEY DE PROMOCIÓN DEL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DEL GAS NATURAL” Y SU REGLAMENTO	37
2.6.5 LEY DE COGENERACIÓN Y SU REGLAMENTO	38
2.7 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA (Hospital)	40
2.7.1 NECESIDADES ENERGÉTICAS	43
CAPÍTULO III.....	59

MATERIALES Y MÉTODOS.....	59
3.1 MATERIALES	60
3.2 MÉTODOS	61
3.2.1 Condición de Referencia:.....	61
3.2.2 Condición Propuesta:.....	62
3.2.4 Alternativas de Operación de la Planta.....	63
3.2.5 Requerimientos técnicos de la planta	64
3.2.6 Parámetros de Diseño	65
3.2.7 Desarrollo de la Metodología.....	68
CAPÍTULO IV.	83
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	83
4.1 Respecto al Rendimiento Eléctrico Efectivo (REE) de la Planta de Trigeneración: 84_Toc27531307	
4.2 Respecto al Rendimiento Global de la Planta de Trigeneración:	84
4.3 Respecto a la Relación Electricidad / Calor Útil:	84
4.4 Respecto al Cálculo del ahorro de energía primaria (PES) con Trigeneración.....	85
4.5 Respecto de la producción de energía eléctrica y de calor en el proceso de Trigeneración.....	86
CAPÍTULO V.....	87
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
CAPÍTULO VI.	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES	91
CAPÍTULO VI.	94
ANEXOS	94

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Matriz Energética del Perú.	22
Figura 2. Aplicación de la Generación Distribuida en un Sistema Eléctrico.	25
Figura 3. Aplicación de la Generación Distribuida en un Sistema Eléctrico.	25
Figura 4. Esquema de una Planta de Cogeneración Ideal.	26
Figura 5. Planta de Cogeneración con Turbina a Gas.	27
Figura 6. Planta de Cogeneración con Motor Alternativo.	28
Figura 7. Segunda Ley de la Termodinámica.	29
Figura 8. Ciclo de Absorción.	31
Figura 9. Vista Aérea del Hospital III de ESSALUD.	41
Figura 10. Caldera Marca Intesa.	43
Figura 11. Caldera Marca Manster.	44
Figura 12. Distribuidor de Vapor (Cabecero).	44
Figura 13. Línea de vapor saturado a 10 PSI.	45
Figura 14. Línea de vapor saturado a 50 PSI.	45
Figura 15. Línea de vapor saturado a 100 PSI.	46
Figura 16. Lavadora centrífuga.	47
Figura 17. Lavadora y Secadora Industrial.	48
Figura 18. Planchadora Calandria.	48
Figura 19. Planchadora a vapor tipo Prensa.	48
Figura 20. Planchadora Calandria.	49
Figura 21. Tratamiento y Terapias con Agua Caliente.	51
Figura 22. Diagrama Comparativo entre producción con cogeneración y producción separada.	62
Figura 23. Diagrama De Flujo Sector Eléctrico Año 2017.	72
Figura 24. Esquema de Planta convencional.	73
Figura 25. Módulo de Cogeneración Bosch.	74
Figura 26. Módulos de Cogeneración Bosch.	74
Figura 27. Módulos de Cogeneración Bosch.	75

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores mínimos de Rendimiento Eléctrico Efectivo (REE) y relación entre Energía Eléctrica y Calor Útil (C).....	40
Tabla 2. Demandas de Vapor Saturado de la Planta.	51
Tabla 3. Producción de vapor por mes en t/h.....	52
Tabla 4. Consumo de Diesel B5.	52
Tabla 5. Historial de Consumos de energía y potencia (HP y FP) set-16 a set-18.	54
Tabla 6. Resumen principales indicadores eléctricos.	55
Tabla 7. Equipos de Aire Acondicionado – Hospital ESSALUD.	56
Tabla 8. Parámetros de Diseño.	65

Tabla 9. Datos de Entrada	66
Tabla 10. Parámetros de la Planta Convencional (existente)	67
Tabla 11. Listado de Motores Reciprocantes	68
Tabla 12. Nomenclatura de Parámetros empleados: Combustible, Calor y Energía Eléctrica ...	70
Tabla 13. Parámetros de la Planta de Trigeneración	76
Tabla 14. Parámetros para Dimensionamiento de la Planta.....	78
Tabla 15. Valores Mínimos de Rendimiento Eléctrico Efectivo (REE) y relación entre Energía Eléctrica y Calor Útil (C).....	79

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Curva de Demanda Horaria - Lavandería.....	46
Gráfica 2. Curva de Demanda Horaria - Cocina.....	49
Gráfica 3. Curva de Demanda Horaria - Esterilización	50
Gráfica 4. Historial de Consumos set-14 a set-18	53
Gráfica 5. Historial de Consumos de energía y potencia (HP y FP) set-16 a set-18	54
Gráfica 6. Parámetros medidos en la tarifa MT3	55
Gráfica 7. Energía Consumida por mes – Año 2017 (kW.h)	77
Gráfica 8. Potencia Específica por mes – Año 2017 (kW)	77

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

- El trabajo de (Cuadra Valdevira, 2014), “Estudio de Viabilidad de un Sistema de Trigeneración para un hospital”, pudo demostrar que es viable tanto tecnológica como económicamente la implementación de un sistema de Trigeneración respecto a un sistema convencional en la localidad de Badalona - España. Asimismo, en el estudio se determinó que cuanto mayor sean las diferencias de costos entre electricidad y combustible mayor es la rentabilidad y el ahorro energético. La metodología estuvo basada en el análisis técnico y económico de las variables intervinientes en el diseño de una planta de Trigeneración que cumpla con las exigencias normativas del sector, así como el dimensionamiento de los motores, máquinas y accesorios que componen dicha planta.

- Mediante la tesis “Factibilidad de Instalación de una Planta de Generación Distribuida con Gas Natural en el Hospital María Auxiliadora”, (Aguilar Bardales, 2007), realiza la evaluación de diversas alternativas de generación distribuida mediante la instalación de una Planta de Cogeneración de electricidad y vapor. Una vez concluida la evaluación de inversión (VAN, la TIR y Retorno Simple), la alternativa más factible de aplicar en el Hospital María Auxiliadora (Lima) fue la conformada por 2 microturbinas a gas de 395 kW cada una. Asimismo, uno de los resultados del estudio fue que, al no existir demanda de vapor las 24 horas, hay un excedente que disminuye el rendimiento global, por lo que dicho excedente debería ser utilizado en otras aplicaciones a implementarse en el hospital.

- El estudio de (Lozano, Ramos, & Sánchez, 2005) sobre “Optimización de Sistemas de Trigeneración para Hospitales” estuvo orientado a una metodología de

evaluación energética y económica de los sistemas de suministro de servicios energéticos a grandes edificios, en general y a hospitales, en particular. Las etapas necesarias para culminar en la propuesta de un sistema concreto, indicando el tipo de equipos a instalar, el número y potencia nominal de los mismos y la estrategia de operación más adecuada para el sistema, fueron las siguientes: i) caracterización de la demanda de los distintos servicios energéticos, incluyendo su variación temporal; ii) caracterización de la operación de los equipos de producción eléctrica y de las posibilidades de recuperación de calor y iii) valoración del interés de instalar máquinas de refrigeración por absorción. La metodología incluía modelos de programación lineal entera y software comercial de optimización (LINGO) obteniendo como resultado la configuración óptima del sistema (síntesis) y la operación más económica para cada hora del año. La metodología se aplicó a varios hospitales de tamaño medio en distintas zonas climáticas de España. Al evaluar y tratar el problema se llegó a la conclusión de que incluir máquinas de absorción, produciendo frío en el verano, con el calor recuperado de los Motores de Combustión Interna Alternativos, resulta económicamente favorable salvo en ciudades con clima muy frío. En algunos casos, resulta ser un factor determinante para justificar la instalación de los módulos de cogeneración; es decir, un factor clave para justificar la cogeneración.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, los combustibles fósiles son la principal fuente de energía en el mundo. Según datos de (BP Statistical Review of World Energy, 2017), el 85,52% del consumo de energía en el mundo proviene de estas fuentes. Si bien representan un recurso valioso, los combustibles fósiles tienen efectos negativos sobre el medio ambiente, dado que, al transformarlos en energía, se liberan emisiones hacia la atmósfera.

Existe un consenso mundial de que las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) y otros como los óxidos de nitrógeno (NO_x), contribuyen directamente al aumento del calentamiento global y de la lluvia ácida. Un ecosistema es sustentable si sus recursos y ciclos son constantes; sin embargo, los drásticos cambios atmosféricos a causa de la utilización de combustibles fósiles, tanto en la industria, como en el parque automotor y en otras actividades, pueden tener efectos devastadores en el equilibrio entre la vida animal y vegetal.

Los problemas medioambientales generados por el uso de combustibles fósiles, con altos contenidos de Carbono, han provocado que instituciones y gobiernos del mundo orienten sus esfuerzos hacia la mitigación de los gases de efecto invernadero a partir de políticas que promuevan el uso eficiente de los recursos energéticos y del desarrollo de tecnologías capaces de incrementar la eficiencia de los procesos.

Dado que el efecto del calentamiento atmosférico es global, el Estado peruano no ha sido ajeno a la tarea de promover, a partir de leyes y normas, el uso racional de la energía y la masificación del uso del gas natural para los diversos procesos.

Tomando en consideración estas políticas, urge el desarrollo de proyectos que cumplan con las exigencias indicadas. Proyectos de cogeneración, que utilicen

como combustible el gas natural, son alternativas promisorias para un país como el nuestro.

Estas exigencias descritas las cumplen los Hospitales en el Perú, dado que estos utilizan el vapor de agua para sus diversos procesos tales como: esterilización, agua caliente sanitaria, lavandería, cocina, etc. El vapor se genera a través de un proceso convencional que utiliza calderas pirotubulares, que lo producen a bajas eficiencias (menores al 30%), utilizando como combustible el D2 B5, que al combustionar genera gases de escape altamente contaminantes (CO y SO_x), responsables de la corrosión, la lluvia ácida, de las partículas en suspensión, etc. y, además, de gases de efecto invernadero (CO₂ y NO_x), responsables del Calentamiento Global.

Una manera de reducir estos impactos negativos al ambiente es mejorando la eficiencia de los procesos a través de sistemas de Cogeneración que reduzcan el impacto negativo al ambiente. Asimismo, es necesario implementar procesos más eficientes que promuevan el ahorro energético y reduzcan los costos de combustible. Para ello, en el presente proyecto, se propone: el estudio del efecto de la implementación de un proceso de Trigeneración sobre el consumo de energía primaria en un hospital, evaluando y comparándolo con el sistema convencional existente en las Instalaciones de ESSALUD.

Se propone un sistema de Trigeneración capaz de generar en forma simultánea electricidad (para iluminación y funcionamiento de equipos), vapor (para los procesos de esterilización, agua caliente sanitaria, cocina, lavandería, etc.) y refrigeración (para aire acondicionado de los ambientes de trabajo, tales como los centros quirúrgicos, Unidad de Cuidados Intensivos e Intermedios, medicina, hemodiálisis, etc. y para el centro de cómputo).

Tanto el vapor como la electricidad serán generados con motores alternativos de ciclo Otto, mientras que el proceso de refrigeración se realizará a partir de máquinas de absorción, las cuales se alimentarán del calor residual producido en el proceso de combustión en el motor alternativo.

De lo anterior, surge el siguiente cuestionamiento, motivo de la presente tesis:

¿Cuál es el efecto de la implementación de un proceso de Trigeneración sobre el consumo de energía primaria en el Hospital III Chimbote - ESSALUD?

1.3 OBJETIVOS:

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la implementación de un proceso de Trigeneración sobre el consumo de energía primaria en el Hospital III Chimbote - ESSALUD.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular las demandas anuales de electricidad y vapor en el Hospital III Chimbote - ESSALUD.
- Dimensionar el equipo de Trigeneración: Motor alternativo y máquina de absorción.
- Determinar el efecto en el ahorro energético obtenido mediante el uso del proceso de Trigeneración respecto del uso convencional de electricidad y el proceso de generación de vapor y aire acondicionado en un hospital.

1.4 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Para resolver el problema planteado se presenta la siguiente hipótesis:

“La implementación de un Proceso de Trigeneración en el Hospital III Chimbote - ESSALUD permitirá una reducción del 20% en el consumo de energía primaria, respecto del proceso convencional de generación de electricidad y vapor”

1.5 Justificación e Importancia

El estudio para la implementación de un sistema de Trigeneración en un Hospital permitirá mejorar la eficiencia energética global del proceso, maximizando el aprovechamiento de los recursos, en concordancia con las políticas gubernamentales de uso racional de la energía.

El método convencional de producción de vapor, por un lado, y la compra de energía eléctrica a la Empresa Distribuidora, por otro, generan costos mayores que con los sistemas de Trigeneración, los cuales proponen la generación conjunta y simultánea de energía eléctrica, vapor y frío, según la demanda de los distintos compartimientos del establecimiento sanitario y con mejores eficiencias globales que, a su vez, permitirán reducir los costos de operación y mantenimiento.

Una característica importante de los hospitales, que la diferencia de otras actividades, es que funcionan ininterrumpidamente durante todo el año (8760 horas) y las actividades que se realizan no permiten que existan interrupciones en el suministro eléctrico. Por este motivo, estos centros están obligados a instalar sistemas autónomos de generación de electricidad (grupos electrógenos) que cubran las emergencias y los cortes e interrupciones del servicio eléctrico que puedan existir en el suministro generando costos adicionales y mayores usos de energía primaria.

Con la Trigeneración este problema queda suprimido ya que los hospitales adquieren autonomía, pues se convierten en generadores de su propia energía

eléctrica, garantizando la confiabilidad del servicio para su funcionamiento sin interrupciones.

El sistema propuesto utiliza el gas natural como única energía primaria para generar vapor, electricidad y frío. De esta manera, se cumplirá el objetivo del Gobierno respecto al gas natural, según lo establecido en el Artículo 3°, de la Ley de Promoción del Desarrollo de la Industria del Gas Natural (1999), que la define como una actividad de interés nacional y necesidad pública.

Además, los combustibles actualmente utilizados por los hospitales (petróleo residual R6 o Diesel 2, Diesel B2 o Diesel B5), que son altamente contaminantes, serán reemplazados por un combustible cuyas emisiones tóxicas y de efecto invernadero son mucho menores.

Por otro lado, cabe precisar que, no existen en el Perú este tipo de estudios de Trigeneración para su aplicación en Hospitales. El desarrollo de los mismos permitirá contribuir con un estudio adaptado a la realidad peruana con sus diversos factores determinantes como el clima o la demanda de vapor y electricidad.

En el Perú las posibilidades para la Trigeneración son muy grandes, principalmente por la disponibilidad de reservas de gas natural a un precio competitivo y porque diversas actividades se pueden beneficiar, pues los costos de producción de energía mejoran significativamente, pudiendo vender a la red interconectada nacional el excedente de la energía eléctrica generada por el sistema de cogeneración.

1.6 Limitaciones

El proyecto considera el estudio y evaluación del consumo de energía primaria del sistema convencional existente (de producción de vapor y compra de electricidad

de la red de distribución) y el consumo del sistema de Trigeneración propuesto que opera con un motor alternativo a gas que va a satisfacer las demandas de vapor para sus diversos procesos.

De igual forma, parte de la energía del motor se convertirá, por medio de un generador, en energía eléctrica para su vertido dentro de las instalaciones eléctricas del hospital (para satisfacer demandas de iluminación, operatividad de sistemas de cómputo, aire acondicionado, accionamiento de bombas y motores) y a la red para su venta a la compañía eléctrica.

Para el desarrollo del proyecto se estudiarán estas demandas con datos proporcionados por el hospital. Los datos técnicos, tanto del sistema de Trigeneración como del sistema eléctrico a implementar, se obtendrán de empresas que comercializan estos equipos.

Este proyecto no incluye el estudio de detalle de diseño, montaje y puesta en funcionamiento de los sistemas ni de la ingeniería requerida para la instalación del sistema de Trigeneración.

Asimismo, el presente estudio sólo está abocado a la determinación del Ahorro de Energía primaria (PES) y otros diversos parámetros como el Rendimiento Eléctrico Equivalente (REE), la relación electricidad generada/calor útil (C), mas no se realizará evaluaciones económicas ni la rentabilidad del proyecto.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1 FUENTES DE ENERGÍA

2.1.1 ENERGÍA PRIMARIA

Es aquella energía disponible en la naturaleza, antes de ser convertida o transformada. Entre ellas se consideran la energía contenida en los combustibles crudos, la energía solar, la energía eólica, la energía geotérmica y otras formas de energía que constituyen una entrada al sistema como la hidroenergía, el petróleo crudo, el gas natural, el carbón mineral, leña, residuos vegetales y animales, etc.

2.1.2 ENERGÍA SECUNDARIA

Son los productos y formas de energía resultantes de los diferentes centros de transformación que tienen como destino los diversos sectores de consumo y, eventualmente, otro centro de transformación, tales como: coque, biogás, carbón vegetal, gas licuado de petróleo, gasolina, gasohol, etanol, turbo, diésel oil, diésel B5, biodiesel B100, petróleo industrial, productos no energéticos, otros productos energéticos del petróleo, gas distribuido, gas de refinería, gases industriales y energía eléctrica.

2.2 MATRIZ ENERGÉTICA

Cuando se representa cuantitativamente el total de la energía que utiliza un país, entonces se está utilizando una matriz energética, la cual indica la incidencia relativa de las fuentes de donde procede cada tipo de energía: nuclear, eólica, hidráulica, solar, biomasa, geotérmica o combustibles fósiles como el petróleo, gas y el carbón.

La matriz energética es útil para realizar análisis y comparaciones sobre los consumos energéticos de un país en un periodo establecido de tiempo o para

determinar el grado de similitud o diferencia respecto a otros países. Es una herramienta de importancia fundamental si de planificación energética se trata.

Asimismo, en ella se indica si una determinada fuente es importada del exterior, de países que, a su vez, pueden tener déficits o excedentes de las diferentes fuentes de energía.

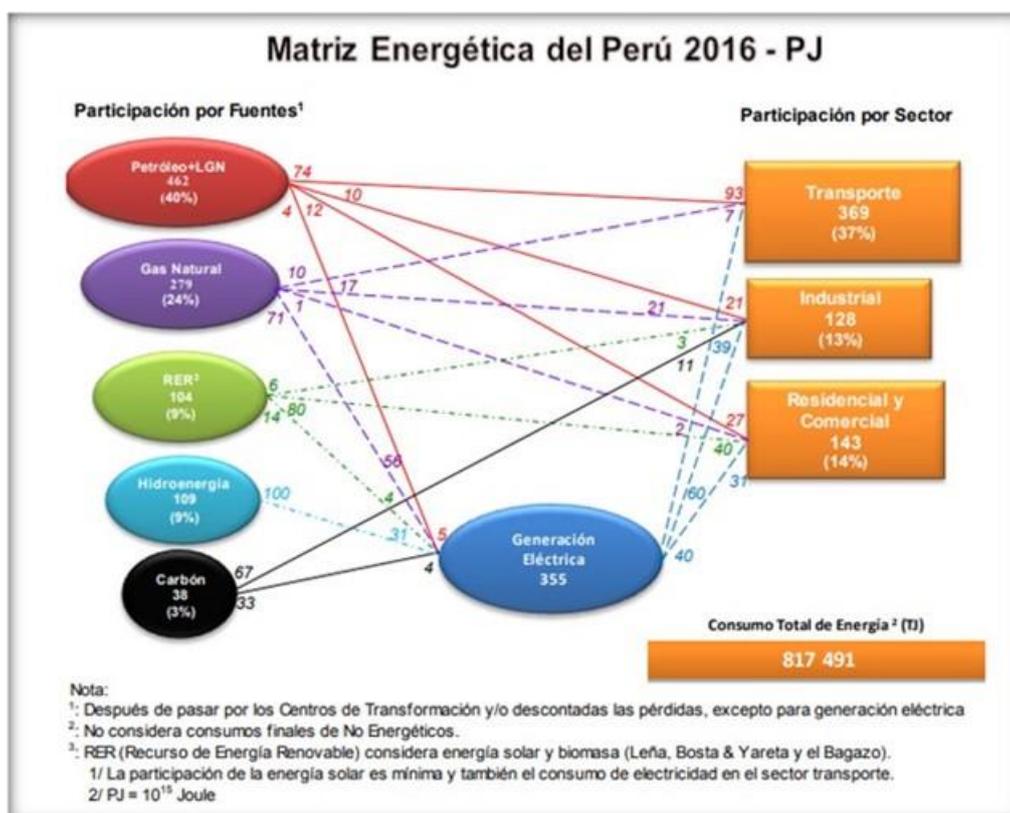


Figura 1. Matriz Energética del Perú.

Fuente: Balance Nacional de Energía 2016 – Ministerio de Energía y Minas (MEM)

2.3 GENERACIÓN DISTRIBUIDA

A pesar de que no existe consenso a nivel mundial sobre la definición exacta de la Generación Distribuida (GD), debido a que hay diversos factores que la afectan, tales como: tecnologías empleadas, límite de potencia, conexión a red, etc., la Distribution Power Coalition of América (DPCA), la define como “cualquier

tecnología de generación a pequeña escala que proporciona electricidad en puntos más cercanos al consumidor que la generación centralizada y que se puede conectar directamente al consumidor o a la red de transporte o distribución”.

Por su parte, en nuestro país, la Ley N° 28832, Ley para Asegurar el Desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica (LDGE), define a la Generación Distribuida como la “Instalación de Generación con capacidad no mayor a la señalada en el reglamento, conectada directamente a las redes de un concesionario de distribución eléctrica”. Asimismo, en su Octava Disposición Complementaria Final, establece que el reglamento dispondrá medidas de promoción para la Generación Distribuida y Cogeneración eficientes, considerando las siguientes disposiciones: i) la venta de sus excedentes no contratados de energía al Mercado de Corto Plazo, asignados a los Generadores de mayor Transferencia (de compra o negativa) en dicho mercado; y, ii) el uso de las redes de distribución pagando únicamente el costo incremental incurrido.

Por otro lado, el D.L. N° 1221, Decreto Legislativo que Mejora la Regulación de la Distribución de Electricidad para Promover el Acceso a la Energía Eléctrica en el Perú, indica: “Generación Distribuida: Los usuarios del servicio público de electricidad que disponen de equipamiento de generación eléctrica renovable no convencional o de cogeneración, hasta la potencia máxima establecida para cada tecnología, tienen derecho a disponer de ellos para su propio consumo o pueden inyectar sus excedentes al sistema de distribución, sujeto a que no afecte la seguridad operacional del sistema de distribución al cual está conectado”.

De lo anterior, se concluye que se regulan dos tipos de GD. La primera, según la LDGE está orientada a la actividad de generación conectada a la red de distribución para la venta de energía y que tiene la posibilidad de vender sus excedentes de

energía no contratados, mientras la segunda, según el D.L. N° 1221, está orientada a la posibilidad de que los usuarios del servicio de electricidad generen energía para su consumo e inyecten excedentes al sistema de distribución.

Dada la necesidad de un Reglamento de la Ley de Generación Distribuida, el Ministerio de Energía y Minas (MINEN), mediante Resolución Ministerial N° 292-2018-MEN/DM, el 2 de agosto del 2018, hace una pre publicación del Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Generación Distribuida en el Perú. Sin embargo, a pesar de haberse dado un plazo de 30 días hábiles luego de su pre publicación para consulta (hasta el 30 de octubre de 2018), aun no se ha aprobado el procedimiento.

De la revisión del Proyecto del reglamento de GD propuesta por el MINEN se puede advertir que regula dos tipos de Generación distribuida; la primera denominada Mediana Generación Distribuida (MGD) con capacidad mayor a 200 kW y menor o igual a 10 MW (LDGE) y la segunda denominada Microgeneración Distribuida (MCD) con capacidad máxima de 200 kW (D.L. N° 1221). En la parte Régimen comercial y tarifario de la MGD, se da a entender que está dirigida a la venta de electricidad al mercado eléctrico y la MCD dirigida al Autoconsumo con inyección de excedentes a la red eléctrica. De esta manera se viene regulando la Generación Distribuida en el Perú.

No obstante lo anterior, hasta la fecha aún no se ha reglamentado la Ley de Generación Distribuida, por lo que, un generador regulado, así se encuentre en capacidad técnica para hacerlo, aun no podrá inyectar sus excedentes de energía a la red. A continuación, el Cronograma de Implementación del Reglamento de Generación Distribuida.

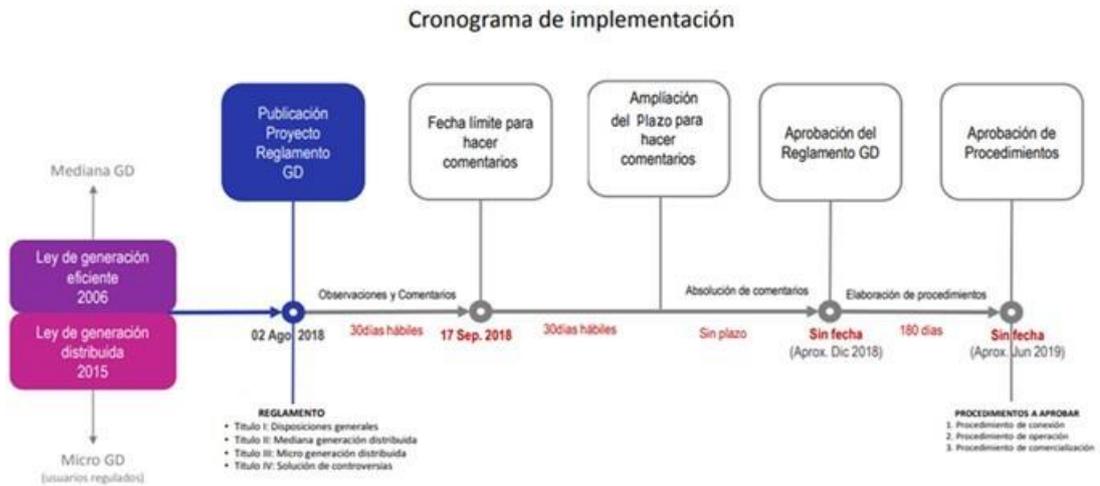


Figura 2. Aplicación de la Generación Distribuida en un Sistema Eléctrico.

Fuente: *Exposición Energías Renovables - Riquel Mitma*

Asimismo, la Agencia Internacional de la Energía (IEA, International Energy Agency) considera como TRIGENERACIÓN, únicamente, “la que se conecta a la red de distribución en baja tensión y la asocia a tecnologías como los motores, mini y microturbinas, pilas de combustible y energía solar fotovoltaica”. (FENERCOM, 2007).



Figura 3. Aplicación de la Generación Distribuida en un Sistema Eléctrico.

Fuente: (FENERCOM, 2007)

2.4 SISTEMAS DE COGENERACIÓN

2.4.1 COGENERACIÓN

Por lo general, las industrias que consumen grandes cantidades de calor consumen también cantidades importantes de energía eléctrica. Es más conveniente, entonces, utilizar el potencial de trabajo existente para producir energía en vez de desperdiciarla. A una central de estas características se le denomina Planta de Cogeneración, la cual tiene la capacidad de producir energía eléctrica y calor al mismo tiempo. Al respecto, “La cogeneración es la producción de más de una forma útil de energía (como calor de proceso y energía eléctrica) a partir de la misma fuente de energía” (Cengel & Boles, 2011).

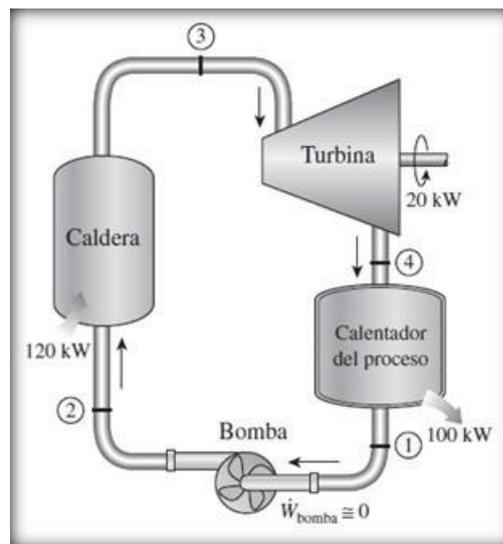


Figura 4. Esquema de una Planta de Cogeneración Ideal.

Fuente: (Cengel & Boles, 2011)

2.4.2 COGENERACIÓN A PEQUEÑA ESCALA

La industria en general (ingenios azucareros, industria alimentaria fábrica de cemento, etc.) utiliza procesos de cogeneración a gran escala y las economías de los países industrializados cumplen con las exigencias de eficiencia energética a partir de estos procesos; sin embargo, existen otros sectores como los de servicios

(hospitales, hoteles, supermercados, etc.), que podrían utilizar la cogeneración a una escala pequeña, utilizando los gases de escape de la generación eléctrica por combustibles fósiles, ampliando el sector de la economía que la pueda aprovechar. Para generación en rangos que van desde 5 kW a 200 kW, existe disponibilidad comercial para turbinas de gas o motores recíprocos (alternativos).

a. Cogeneración con Turbinas De Gas

La turbina de gas es una máquina térmica o motor primario utilizado para cogeneración.

En las plantas con turbinas de gas se quema combustible en un turbogenerador. Parte de la energía mecánica se transformará, con la ayuda del alternador, en energía eléctrica. Su rendimiento eléctrico es normalmente inferior al de las plantas con motores alternativos, pero presentan la ventaja de que permiten una recuperación fácil del calor, que se encuentra concentrado en su práctica totalidad en los gases de escape, que están a una temperatura de 500 °C, idónea para producir vapor en una caldera de recuperación. (Fraile, 2008, pág. 19)

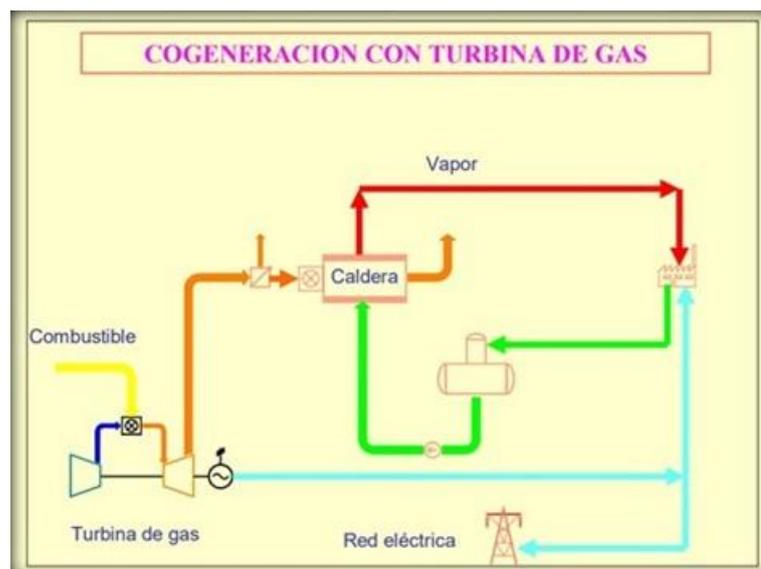


Figura 5. Planta de Cogeneración con Turbina a Gas.

Fuente: (Fraile, 2008)

b. Motores Reciprocantes o alternativos

Al igual que las turbinas de gas, los motores alternativos (o reciprocantes) son máquinas térmicas utilizadas en las plantas de cogeneración.

Utilizan gas, gasóleo o fuel-oil como combustible. En general se basan en la producción a vapor a baja presión (hasta 10 bares), aceite térmico y en el aprovechamiento del circuito de agua de refrigeración de alta temperatura del motor. Son también adecuadas la producción de frío por absorción, bien a través del vapor generado con los gases en máquinas de doble efecto o utilizando directamente el calor del agua de refrigeración en máquinas de simple efecto.

Este tipo de instalaciones es conveniente para potencias bajas (hasta 15 MW), en las que la generación eléctrica es muy importante en el peso del plan del negocio. Los motores son las máquinas térmicas que más rendimiento eléctrico tienen. (Fraile, 2008, pág. 17)



Figura 6. Planta de Cogeneración con Motor Alternativo.

Fuente: (Fraile, 2008)

2.4.3 REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN

Uno de los enunciados de la Segunda Ley de la Termodinámica, establece que “*es imposible un proceso que tenga como único resultado el paso de calor de un foco frío a un foco caliente*”.

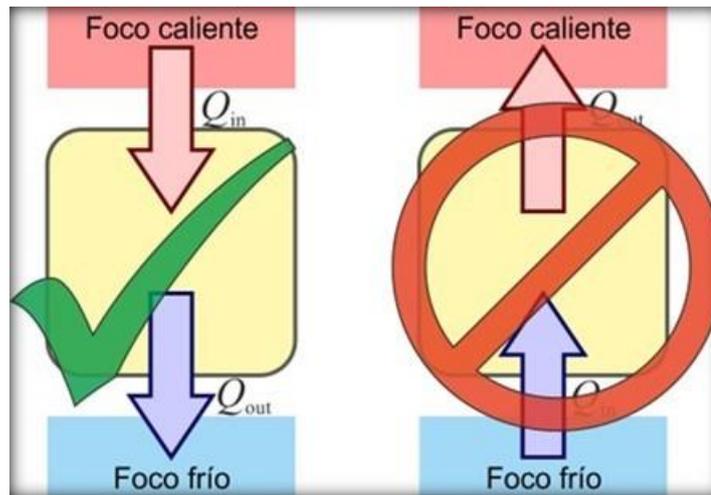


Figura 7. Segunda Ley de la Termodinámica

Este enunciado, formulado de manera negativa por Clausius, da a entender que la propagación del calor se da en un solo sentido, de un foco caliente hacia uno más frío y que, si se pretende un transporte del calor en un sentido inverso, es necesario un trabajo adicional. Esta Ley es la base fundamental de los procesos de refrigeración.

Como el proceso requiere un aporte de energía extra, la producción de frío se realiza mediante dos técnicas: la de compresión, que es un sistema convencional de compresión mecánica (accionado por motores eléctricos o de combustión interna), que aprovechan la característica de ciertos fluidos refrigerantes que al hervir extraen el calor de un cuerpo frío que luego devuelven a través de un condensador, con la condición de que dicho fluido hierba a una temperatura menor a la del cuerpo frío

del que se quiere extraer calor, y; la de absorción, que al igual que la técnica de compresión, aprovecha la evaporación del fluido, con la diferencia que en esta es necesaria una compresión térmica y no mecánica, donde, en un principio, se absorbe y disuelve a través de un fluido apropiado que actúa como medio de absorción. Una de las condiciones para que el proceso se lleve a cabo es la existencia de afinidad físico química entre la sustancia absorbente y la refrigerante (la más volátil); por ejemplo, las parejas de compuestos agua y amoníaco o bromuro de litio y agua.

El principio es sencillo: si tenemos un recipiente cerrado donde se inserta un intercambiador de calor, que hace las veces de un evaporador y se disminuye la presión hasta 6,5 mm Hg, para luego dejar caer gotas de agua sobre los tubos de dicho intercambiador, el agua comenzará a evaporarse a 5 °C, tomando el calor del agua que fluye por el intercambiador de calor. Luego, este vapor de agua es absorbido por las gotas de solución concentrada de bromuro de litio (BrLi) que se ingresan al recipiente, pero, cuando esta absorbe el vapor de agua refrigerante disminuye su concentración y por ende su capacidad de absorber, lo cual implicaría que se deba ingresar continuamente solución concentrada de BrLi; sin embargo, se resuelve este inconveniente calentando la solución diluida, la cual produce vapor de agua y solución concentrada que será usada nuevamente. Por su parte, el vapor refrigerante, una vez separado de la solución diluida es enfriado en un condensador hasta llegar a la fase líquida para luego introducir las gotas al recipiente a 6,5 mm Hg, iniciando nuevamente el ciclo.

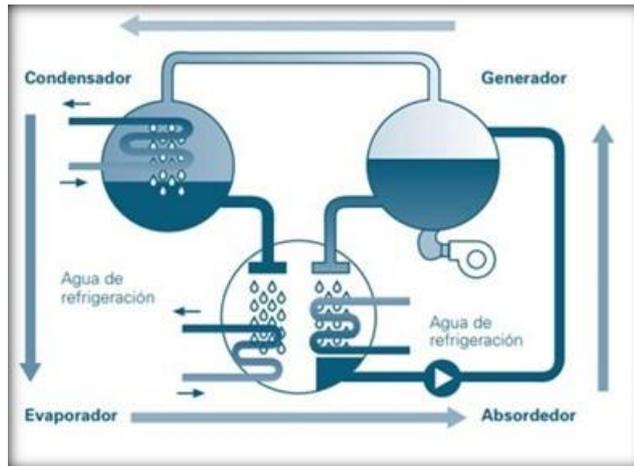


Figura 8. Ciclo de Absorción

Fuente: (Dirección de Desarrollo Aplicaciones Distribución Gas natural SDG, 1999)

Estas máquinas de absorción se clasifican, según su ciclo de absorción, en máquinas de simple efecto, con una sola etapa de generación o de separación de refrigerante y absorbente y máquinas de doble efecto, con mayor eficiencia que las de simple efecto y se dan en dos etapas de generación; en una primera etapa, a alta temperatura, la solución recibe calor directamente del calentador y en una segunda etapa, de baja temperatura, la solución recibe una aportación de calor procedente del vapor del refrigerante antes de pasar al condensador mediante un intercambiado. (Dirección de Desarrollo Aplicaciones Distribución Gas natural SDG, 1999)

Asimismo, según la sustancia que componga la solución, se clasifican en varias parejas de compuestos, donde las más importantes son las de Bromuro de Litio (BrLi)-agua (BrLi como sustancia absorbente y agua como refrigerante), cuya característica principal es que el enfriamiento en el absorbedor y condensador es con agua y; la de Amoniaco-Agua, cuyos equipos se utilizan para refrigeración de alimentos y como equipos de climatización de hasta 20 kW de potencia; el solvente (agua) se evapora también con el refrigerante (amoníaco) y el enfriamiento en el

absorbedor y en el condensador es, generalmente, por aire. (Dirección de Desarrollo Aplicaciones Distribución Gas natural SDG, 1999)

2.4.4 TRIGENERACIÓN

Si a la producción de calor y electricidad se le agrega la producción de frío entonces se trata de un proceso de Trigeneración.

La Trigeneración suele referirse a la generación simultánea de tres tipos de energía: energía eléctrica, energía térmica en forma de calor (agua sobrecalentada o vapor) y energía térmica en forma de frío, transformando posteriormente parte de esa agua caliente, sobrecalentada o vapor, en agua fría utilizando equipos de absorción (de amoníaco o de bromuro de litio).

La Trigeneración permite a la cogeneración, que inicialmente, no era económicamente viable en centros que no consumieran calor, acceder a centros que precisen frío que se produzca con electricidad. Facilita a la industria del sector alimentario ser cogeneradores potenciales. Asimismo, permite la utilización de cogeneración en el sector terciario (hoteles, hospitales, centros educativos, etc.) donde además de calor se requiere frío para climatización, y que debido a la estacionalidad de estos consumos (calor en invierno, frío en verano), impedía la normal operación de una planta de cogeneración clásica. Al aprovecharse el calor también para la producción de frío, permite una mayor estabilidad en el aprovechamiento del calor. (Fraile, 2008, pág. 24)

Existen centros en donde la producción de frío (aire acondicionado o refrigeración) es producida con electricidad, lo cual no es viable económicamente; para ello, la Trigeneración se presenta como una gran alternativa dado que el calor residual, que no se hubiese aprovechado, es utilizado para producir calor, electricidad y frío.

2.4.5 COMBUSTIBLES PARA COGENERACIÓN

Los combustibles utilizados para cogeneración van desde el bagazo en Industrias azucareras hasta combustibles fósiles como el gas licuado de petróleo (GLP) o el gas natural en Industria alimentaria, cementera, etc. El presente proyecto, toma como combustible el gas natural, aprovechando las políticas de ahorro energético del gobierno, las normativas de masificación del gas natural o la Ley de Cogeneración. Es importante, además, por el lado ambiental, un camino sistemático a la descarbonización de la energía, dado que el metano (CH₄) es el hidrocarburo con menor cantidad de Carbono y, por ende, el menos contaminante y el más amigable con el medio ambiente.

Algunas otras ventajas en la utilización del gas natural como combustible en una planta de cogeneración son:

- Menor gasto de combustible y mayor vida útil de la máquina que la utilice, reduciendo los costos por mantenimiento.
- No precisa la existencia de grandes depósitos para su almacenamiento siendo muy práctico su uso cuando existe un emplazamiento accesible a la red de gas natural.
- El precio del gas natural es menor que el de los otros combustibles fósiles y en el Perú existen leyes que promocionan su masificación y uso.
- El Diesel B5 S-50 es la mezcla que contiene un volumen de 5 % de Biodiesel B100 y el restante de Diesel N° 2, con un contenido máximo de 50 partes por millón de azufre.

2.5 IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE TRIGENERACIÓN

En el presente trabajo se ha desarrollado la implementación de un sistema consistente en un motor alternativo que genera electricidad y produce calor residual el que será aprovechado para los procesos propios del Hospital (lavandería, cocina, esterilización) y para la producción de frío (aire acondicionado para las diferentes áreas que la demanden), a través de una máquina de absorción.

2.6 MARCO NORMATIVO

2.6.1 MARCO REGULATORIO ENERGÉTICO

Perú es un país que cuenta con leyes específicas en materia de energías renovables y de eficiencia energética:

- Decreto Legislativo N°1.002, de mayo del 2008, “Ley para Promover la Generación de Electricidad con Energía Renovables”.
- Ley N° 27.345, de setiembre del 2000, “Ley de promoción del uso eficiente de la energía”.

Se declara de interés nacional y necesidad pública el desarrollo de nueva generación eléctrica mediante el uso de Recursos Energéticos Renovables (RER) y la promoción del uso eficiente de la energía.

La eficiencia energética es considerada como una actividad permanente y de largo plazo, estableciéndose una serie de líneas de acción como parte del plan energético nacional. Mediante la Ley N° 27.345 sobre la “Promoción del Uso Eficiente de la Energía” y su Reglamento, aprobado posteriormente en el año 2007, se prevé desarrollar una cultura nacional del uso eficiente de la energía en coordinación con todos los sectores educativos y económicos del país.

Los aspectos más destacables de la Ley y el Reglamento son:

- La cultura del uso eficiente de la energía (UEE), desarrollando acciones educativas en todos sus niveles.
- Programas sectoriales del UEE: residencial, productivo y de servicios, público, transporte, entre otros.
- Difusión del UEE, replicando en todo el país acciones y experiencias exitosas. Asimismo, promoviendo la cogeneración y la generación distribuida.
- Desarrollo de capacidades y oportunidades, certificación de consultores y empresas de servicios energéticos. Existen otras normativas, que se han aprobado después de la aparición de la Ley N° 27.345 y que apoyan el desarrollo del uso eficiente de la energía, como por ejemplo el Decreto sobre “Medidas de Ahorro de Energía para el Sector Público”: Este Decreto de La Cogeneración en Perú obliga a sustituir las lámparas menos eficientes por otras de mayor eficiencia. Es el caso de las lámparas incandescentes, las cuales se están sustituyendo por lámparas fluorescentes compactas. También afecta a los balastos electromagnéticos, que deben de reemplazarse por balastos electrónicos. Además, el sector público deberá adquirir equipos de iluminación que cuenten con la etiqueta de eficiencia energética conforme a la guía de etiquetado. Asimismo, de los diferentes textos legislativos existen otras acciones que se están desarrollando en el ámbito de la promoción del uso eficiente de la energía. A continuación, las más representativas:

2.6.2 POLÍTICA ENERGÉTICA 2010 - 2040

Tiene como visión implementar un sistema energético que satisfaga la demanda nacional de energía de manera confiable, regular, continua y eficiente, que

promueva el desarrollo sostenible y se soporte en la planificación y en la investigación e innovación tecnológica continua. Sus objetivos son:

- Contar con una matriz energética diversificada, con énfasis en las fuentes renovables y la eficiencia energética
- Contar con un abastecimiento energético competitivo.
- Acceso universal al suministro energético
- Contar con la mayor eficiencia en la cadena productiva y de uso de la energía
- Lograr la autosuficiencia en la producción de energéticos.
- Desarrollar un sector energético con mínimo impacto ambiental y bajas emisiones de carbono en un marco de Desarrollo Sostenible.
- Desarrollar la industria del gas natural, y su uso en actividades domiciliarias, transporte, comercio e industria, así como la generación eléctrica eficiente.
- Fortalecer la institucionalidad del sector energético.
- Integrarse con los mercados energéticos de la región, que permita el logro de la visión de largo plazo.

2.6.3 LEY DE CONCESIONES ELÉCTRICAS (LCE)

La Ley de Concesiones Eléctricas, en adelante LCE, en referencia a la generación de energía eléctrica, establece lo siguiente:

Artículo 3º.- Se requiere concesión definitiva para el desarrollo de cada una de las siguientes actividades:

- a) La generación de energía eléctrica que utilice recursos hidráulicos, con potencia instalada mayor de 500 KW;
- b) La transmisión de energía eléctrica, cuando las instalaciones afecten bienes del Estado y/o requieran la imposición de servidumbre por parte de éste;

c) La distribución de energía eléctrica con carácter de Servicio Público de Electricidad, cuando la demanda supere los 500 KW; y,

d) La generación de energía eléctrica con recursos Energéticos Renovables conforme a la Ley de la materia, con potencia instalada mayor de 500 KW.

Artículo 4º.- Se requiere autorización para desarrollar las actividades de generación termoeléctrica, cuando la potencia instalada sea superior a 500 KW.

Artículo 6 º.- Las concesiones y autorizaciones serán otorgadas por el Ministerio de Energía y Minas, que establecerá para tal efecto un Registro de Concesiones Eléctricas.

Artículo 7 º.- Las actividades de generación, transmisión y distribución, que no requieran de concesión ni autorización, podrán ser efectuadas libremente cumpliendo las normas técnicas y disposiciones de conservación del medio ambiente y del Patrimonio Cultural de la Nación.

El titular deberá informar obligatoriamente al Ministerio de Energía y Minas, en adelante, MEM, el inicio de la operación y las características técnicas de las obras e instalaciones.

De los artículos anteriores, se puede advertir que las Concesiones definitivas son otorgadas cuando las potencias instaladas son superiores a 500 kW y que, para potencias menores, las actividades de generación, transmisión y distribución pueden ser efectuadas libremente siempre y cuando se cumpla con la normativa técnica y ambiental y se cumpla con informar al MEM, el inicio de la actividad.

2.6.4 LEY N° 27133 “LEY DE PROMOCIÓN DEL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DEL GAS NATURAL” Y SU REGLAMENTO

La presente Ley tiene por objeto establecer las condiciones específicas para la promoción del desarrollo de la industria del gas natural, fomentando la

competencia y propiciando la diversificación de las fuentes energéticas que incrementen la confiabilidad en el suministro de energía y la competitividad del aparato productivo del país.

Asimismo, en su artículo 3, se declara de interés nacional y necesidad pública, el fomento y desarrollo de la industria del gas natural, que comprende la explotación de los yacimientos de gas, el desarrollo de la infraestructura de transporte de gas y condensados; la distribución de gas natural por red de ductos; y los usos industriales en el país.

2.6.5 LEY DE COGENERACIÓN Y SU REGLAMENTO

Con la finalidad de promover el desarrollo de la cogeneración en el Perú, el Ministerio de Energía y Minas emitió el D.S. N° 064-2005-EM (publicado el 29/12/2005) según el cual se define a las “centrales de cogeneración calificadas” y los requisitos para ser consideradas como tales, además se indica que a dichas centrales se les otorga el precio del gas natural que corresponden a los “generadores eléctricos”.

Durante el proceso de elaboración de los procedimientos para determinar los valores de potencia y energía firme de las unidades de las Centrales de Cogeneración Calificadas, así como los procedimientos de despacho, surgió la necesidad de introducir precisiones al texto del Reglamento, por lo cual mediante D.S. N° 037-2006-EM emitido el 07/07/06 se aprobó la “Sustitución del Reglamento de Cogeneración”.

De acuerdo a este último reglamento, para que una instalación sea considerada una “central de cogeneración calificada”; el titular deberá presentar una

solicitud de calificación a la Dirección General de Electricidad, acompañando lo siguiente:

- a) Informe técnico que sustente el cumplimiento de los valores mínimos de Rendimiento Eléctrico Efectivo (REE) y relación entre Energía Eléctrica y Calor Útil (C).
- b) Balance energético sustentado de la central para las condiciones de operación en máxima capacidad efectiva, indicándose la potencia eléctrica total a ser generada, la potencia mecánica, la potencia térmica utilizable y la potencia suministrada por el combustible, todos expresados en MW; incluyendo un diagrama de Sankey que indique los respectivos flujos de energía.
- c) Memoria descriptiva de las instalaciones de la central, incluyendo diagramas y planos explicativos.
- d) Actividad productiva a la que se destina el Calor Útil producido.
- e) Porcentaje de la potencia y de la energía eléctrica producida que se proyecta entregar al Sistema Eléctrico.
- f) Autorización de generación, cuando la potencia instalada sea superior a 500 kW.

Para efectos de la Calificación como cogenerador y estar dentro de los alcances de las tarifas de gas como generador, los titulares de las centrales de cogeneración deberán acreditar valores de Rendimiento Eléctrico Efectivo (REE) y relación entre Energía Eléctrica y Calor Útil (C), iguales o superiores a los indicados en el cuadro siguiente, según la tecnología empleada y el nivel de tensión de su conexión al Sistema Eléctrico:

Tabla 1. Valores mínimos de Rendimiento Eléctrico Efectivo (REE) y relación entre Energía Eléctrica y Calor Útil (C)

Tecnología	REE* según tensión de conexión al Sistema Eléctrico			C = E/V
	Menor a 1 kV	Entre 1 kV y 33 kV	Mayor a 33 kV	
Motores de combustión interna	0,52	0,54	0,55	0,87
Turbinas de gas de ciclo combinado	0,52	0,54	0,55	0,77
Turbinas de gas de ciclo simple	0,53	0,55	0,56	0,60
Turbinas de vapor de extracción	0,56	0,58	0,59	0,33
Turbinas de vapor de contrapresión	0,68	0,72	0,73	0,15

Fuente: *Reglamento de Cogeneración.*

Donde “E” viene a ser la energía eléctrica generada en bornes de alternador, expresada en MWh, “V” la cantidad del calor útil procedente, exclusivamente, de la central de cogeneración, expresada en MWh y Q = Energía suministrada por el combustible utilizado, calculada en MWh y con base a su poder calorífico inferior.

Los valores de REE y C se calculan para las condiciones de operación en máxima capacidad efectiva de la central y una (01) hora de operación continua de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$REE = \frac{E}{Q - \frac{V}{0,9}}$$

La central calificada, estará autorizada a comercializar los excedentes de energía que pudieran devenir de su operación, según los alcances contemplados anteriormente en la Ley de Concesiones Eléctricas; es decir, podrá vender energía como suministrador de una empresa de distribución o como operador del COES, a las tarifas correspondientes.

2.7 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA (Hospital)

Operación de las Instalaciones

El régimen de operación del Hospital de ESSALUD es de dos turnos por día durante los 7 días de la semana y 365 días del año. La planta de generación de vapor opera, en promedio, 17 horas por/día en forma continua durante todo el año. El Hospital III – Chimbote es el establecimiento de mayor nivel resolutivo en Ancash. Cuenta con 36 consultorios de diversas especialidades médicas, brinda 16 mil atenciones mensuales en consulta externa y realiza 550 intervenciones quirúrgicas en sus salas de operaciones. Asimismo, cuenta con 150 camas para la hospitalización de pacientes en los servicios de Medicina, Cirugía y Gineco-Obstetricia, y otras 24 camas distribuidas en Emergencia, Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) y Unidad de Cuidados Intermedios (UCIN). Las paradas se realizan solo por mantenimiento o reparación de equipos, existiendo otros equipamientos que alternan su funcionamiento para tal fin, por ejemplo, el Hospital tiene 2 calderas que alternan su operatividad cada 6 meses. Dadas estas condiciones, la operación promedio de la planta es de 6205 h/año.



Figura 9. Vista Aérea del Hospital III de ESSALUD

Fuente: *Google Earth.*

Concepción del Estudio

En el Hospital ESSALUD los requerimientos de electricidad, vapor y aire acondicionado hacen factible la implementación de un sistema de Trigeneración utilizando un único combustible (gas natural), capaz de cubrir las demandas que los diferentes servicios del Hospital requieren. Uno de los resultados principales del uso de esta implementación tecnológica es el ahorro de energía primaria respecto al uso convencional de combustible y energía eléctrica de manera independiente, tal como lo viene haciendo el Hospital actualmente. Asimismo, una planta de Trigeneración es capaz de producir efectos sensibles como:

- El ahorro de energía primaria: al conseguir una mayor eficiencia global de la planta se reducen los consumos de energía primaria.
- La reducción de Pérdidas por distribución: al estar ubicada la planta en el mismo lugar donde se demanda el consumo se reducen las pérdidas por distribución.
- La reducción del calentamiento global: una planta de Trigeneración eficiente puede realizar el mismo trabajo que una planta convencional, con la ventaja de que utiliza una menor cantidad de energía. Este hecho, sumado al uso de un combustible menos contaminante, como el gas natural (hidrocarburo con el menor contenido de carbono en sus moléculas), dan como resultado menores emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) al ambiente.
- La competitividad empresarial: al reducir consumos de energía, el Hospital reduce sus costos, convirtiéndola en más competitiva con respecto a las demás entidades de salud.
- La confiabilidad del suministro eléctrico: Una planta de Trigeneración trabaja en conjunto con la red convencional, siendo la primera la que está operativa la mayor parte del año y, la segunda, la que está disponible para casos de

emergencia o cuando existan demandas mayores al que puede suministrar la planta de Trigeneración. Este uso en conjunto le da una confiabilidad alta al sistema, disminuyendo la posibilidad de que la Unidad quede sin los servicios que demanda.

2.7.1 NECESIDADES ENERGÉTICAS

a. Demanda Térmica

El Hospital ESSALUD demanda vapor para sus diferentes Procesos tales como: Área de Cocina, con aproximadamente 42% de la energía suministrada; Área de lavandería, con un 51% y Área de Esterilización, con 6%. Asimismo, existe demandas pequeñas de agua caliente para tratamientos y terapias médicas siendo una demanda pequeña que no supera el 1%.

Los procesos indicados obtienen el vapor a partir de 2 calderas pirotubulares, una de ellas de marca Manser y la otra Intesa; ambas, de 100 BHP de potencia, las que trabajan alternadamente cada 6 meses.



Figura 10. Caldera Marca Intesa.

Fuente: Hospital ESSALUD



Figura 11. Caldera Marca Manster.

Fuente: Hospital ESALUD

El sistema de suministro de vapor se distribuye a partir de un Cabecero (distribuidor de vapor), desde el cual salen 4 líneas:



Figura 12. Distribuidor de Vapor (Cabecero).

Fuente: Hospital ESALUD

Línea de vapor saturado a 10 PSI, el cual suministra vapor para los calentadores de agua y para las marmitas (cocción de alimentos).

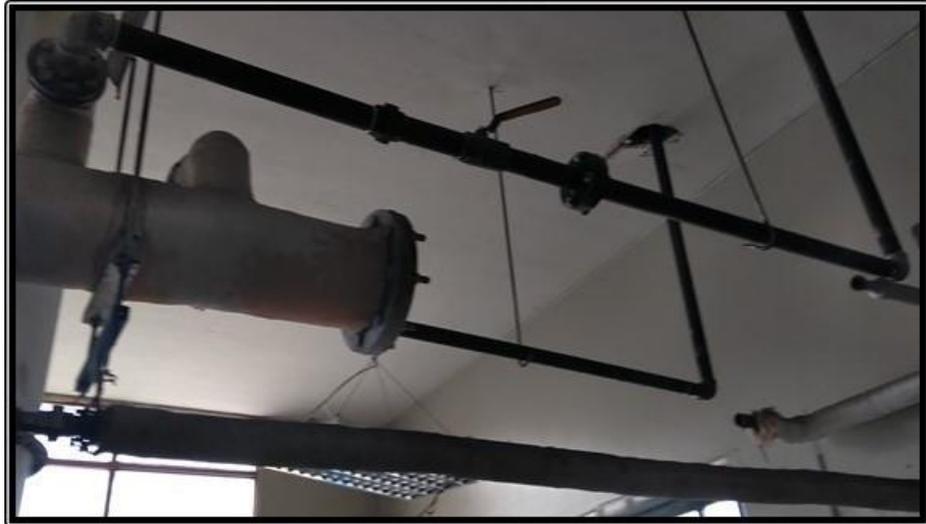


Figura 13. Línea de vapor saturado a 10 PSI.

Fuente: Hospital ESALUD

Línea de vapor saturado a 50 PSI, el cual suministra vapor para para equipos de esterilización (autoclaves).



Figura 14. Línea de vapor saturado a 50 PSI.

Fuente: Hospital ESALUD

Línea de vapor saturado a 100 PSI, el cual suministra vapor para el área de lavandería para las demandas de las lavadoras, secadoras, calandrias y prensas.



Figura 15. Línea de vapor saturado a 100 PSI.

Fuente: Hospital ESALUD

Área de Lavandería

En un día representativo, el consumo promedio de vapor (a las condiciones de operación de 90 Psi de presión y 180 °C de temperatura), es de 5 t/d, que representa 150 t/mes y 1825 t/año, siendo la máxima demanda 0,50 t/h. El vapor va destinado a las lavadoras, secadoras, calandrias y planchas

Gráfica 1. Curva de Demanda Horaria - Lavandería



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el hospital ESSALUD

Para atender la alta demanda de lavado y secado de vestimenta médica, de los pacientes y uniformes de colaboradores de los diferentes servicios médicos del hospital de ESSALUD, el área de Lavandería brinda atención a las diferentes áreas las de Hospitalización, Emergencia, área de Farmacia, Laboratorio, Consultorios externos, entre otros.



Figura 16. Lavadora centrífuga.

Fuente: Hospital ESALUD

Trabajan bajo el diseño de barrera sanitaria, lo cual permite reducir la probabilidad de enfermedad hospitalarias. Asimismo, operan bajo un sistema semejante a un intercambiador de calor de contacto directo.



Figura 17. Lavadora y Secadora Industrial.

Fuente: Hospital ESALUD



Figura 18. Planchadora Calandria.

Fuente: Hospital ESSALUD



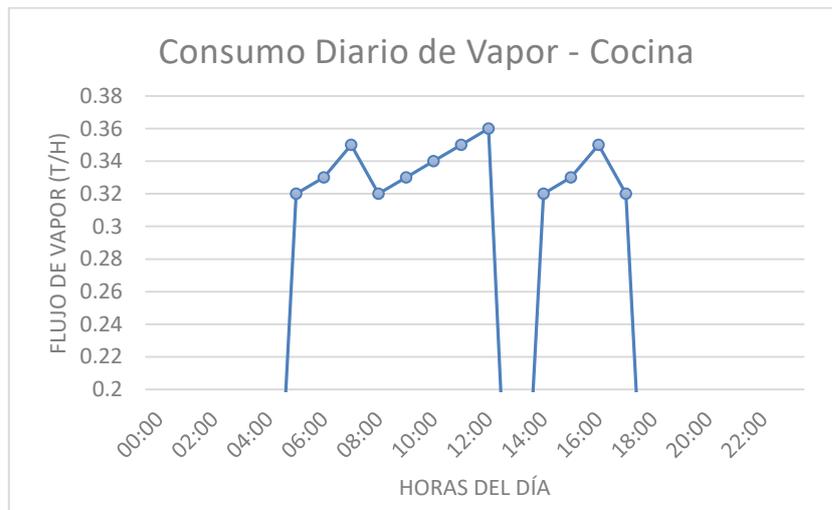
Figura 19. Planchadora a vapor tipo Prensa.

Fuente: Hospital ESALUD

Área de Cocina

En un día representativo el consumo promedio de vapor (a las condiciones de operación de 10 Psi de presión, es de 4,02 t/d, que representa 120,60 t/mes y 1467,30 t/año, siendo la máxima demanda 0,36 t/h.

Gráfica 2. Curva de Demanda Horaria - Cocina



Fuente: *Elaboración propia con datos proporcionados por el hospital ESSALUD*



Figura 20. Planchadora Calandria

Fuente: *recuperado de <http://mainfruver.blogspot.com/2011/03/marmita.html>*

Área de Esterilización

En un día representativo el consumo promedio de vapor (a las condiciones de operación de 50 Psi de presión es de 0,62 t/d, que representa 18,60 t/mes y 226,30 t/año, siendo la máxima demanda 0,10 t/h.

Gráfica 3. Curva de Demanda Horaria - Esterilización



Fuente: *Elaboración propia con datos proporcionados por el hospital ESSALUD*

Tratamiento y Terapias con Agua Caliente

Se usa esporádicamente y sus consumos son pequeños comparados con los consumos de vapor de las otras líneas.



Figura 21. Tratamiento y Terapias con Agua Caliente.

Fuente: Hospital ESSALUD

A continuación, se muestra el cuadro con las demandas de vapor saturado de la Planta, así como sus producciones diarias en t/día:

Tabla 2. Demandas de Vapor Saturado de la Planta

Proceso	Tipo de Vapor	Parámetros		
		P (Psi)	T (°C)	Producción (t/día)
Esterilización	Saturado	50	147,58	0,62
Lavandería	Saturado	90	166,20	5,00
Cocina	Saturado	10	115,20	4,02

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el hospital ESSALUD

Tabla 3. Producción de vapor por mes en t/h

Mes	Producción (t/mes)	Máxima Demanda (t/h)
ene-17	298,84	0,96
feb-17	269,92	0,96
mar-17	298,84	0,96
abr-17	289,20	0,96
may-17	298,84	0,96
jun-17	289,20	0,96
jul-17	298,84	0,96
ago-17	298,84	0,96
sep-17	289,20	0,96
oct-17	298,84	0,96
nov-17	289,20	0,96
dic-17	298,84	0,96
Total	3518,6	0,96

Fuente: *Elaboración propia con datos proporcionados por el hospital ESSALUD*

Tabla 4. Consumo de Diesel B5

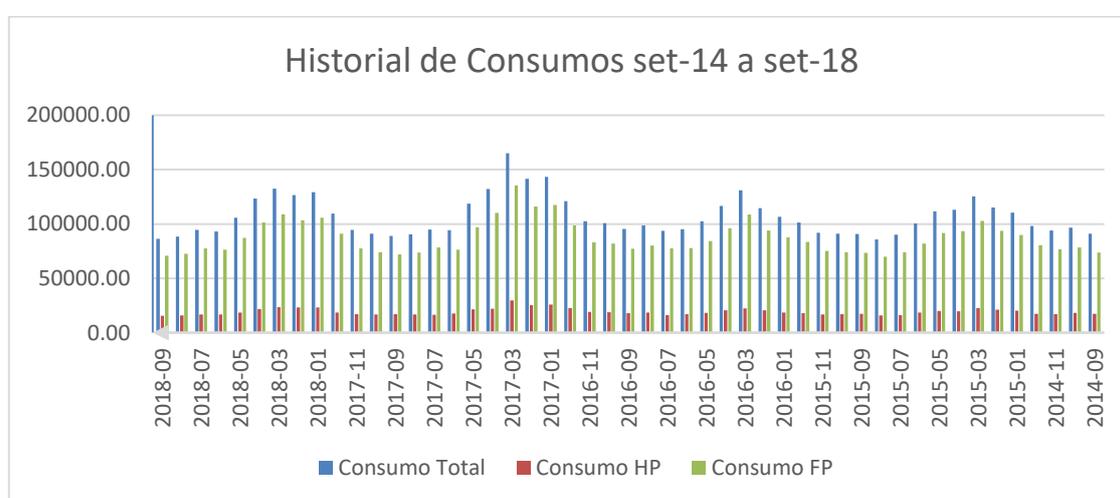
Mes	Consumo (gal/mes)	Consumo (kWh/mes)
ene-17	2847,37	110124,88
feb-17	2804,28	108458,33
mar-17	2904,95	112351,85
abr-17	2902,68	112264,05
may-17	3001,02	116067,45
jun-17	3096,53	119761,39
jul-17	3191,21	123423,24
ago-17	2877,45	111288,26
sep-17	3002,56	116127,01
oct-17	2786,34	107764,49
nov-17	2816,91	108946,81
dic-17	2888,72	111724,13
Total	gal/año	MWh_(t)/año
	35120,02	1358,30

Fuente: *Elaboración propia con datos proporcionados por el Hospital ESSALUD*

b. Demanda Eléctrica

El consumo de energía eléctrica del hospital es utilizado para cubrir las demandas energéticas para iluminación, accionamiento de equipos (bombas, equipo de cómputo), ventiladores, aire acondicionado, etc. Sus consumos tienen una tendencia estacional con periodos altos (enero a abril) y bajos (el resto del año).

Gráfica 4. Historial de Consumos set-14 a set-18



Fuente: *Elaboración propia con datos proporcionados por la Distribuidora Hidrandina.*

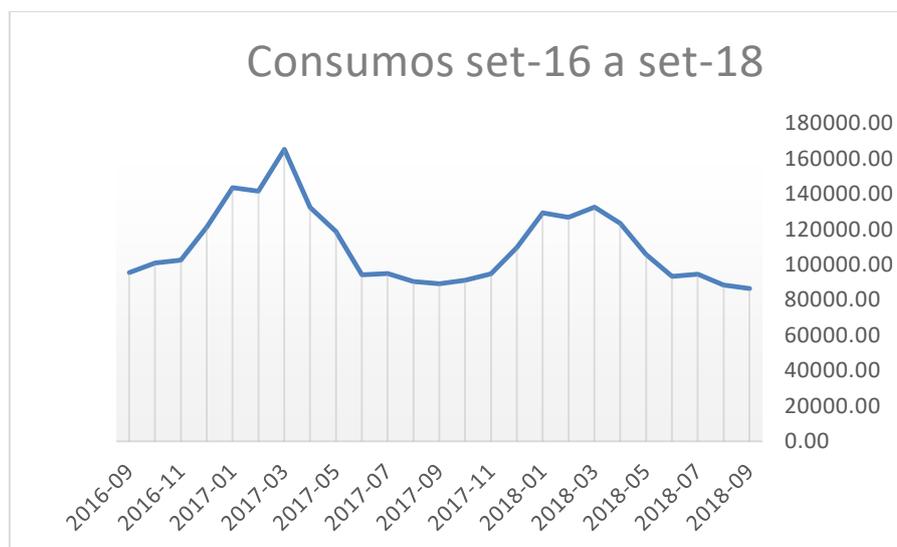
Respecto al comportamiento estacional de los consumos, se observa un notorio incremento de la demanda eléctrica en los meses de diciembre a mayo, esto es debido al mayor uso de aire acondicionado en los diferentes compartimientos del establecimiento hospitalario, el cual incide en el aumento de la potencia demandada (mayor uso de equipos de refrigeración por compresión). Los datos que conciernen a los consumos de energía y potencia en horas punta y fuera de punta, así como la energía reactiva fueron proporcionados por la Distribuidora Hidrandina y se muestran a continuación:

Tabla 5. Historial de Consumos de energía y potencia (HP y FP) set-16 a set-18

Periodo	Consumo Total (kWh)	Consumo HP (kWh)	Consumo FP (kWh)	Energía Reactiva (kVarh)	Potencia HP (kW)	Potencia FP (kW)
2018-09	86382,00	15642,00	70740,00	45594,00	163,80	198,00
2018-08	88380,00	15930,00	72450,00	51660,00	154,80	192,60
2018-07	94482,00	16848,00	77634,00	58068,00	167,40	201,60
2018-06	93186,00	16758,00	76428,00	57258,00	174,60	207,00
2018-05	105696,00	18576,00	87120,00	66186,00	192,60	246,60
2018-04	123228,00	21798,00	101430,00	77292,00	228,60	291,60
2018-03	132426,00	23508,00	108918,00	83448,00	244,80	315,00
2018-02	126630,00	23256,00	103374,00	80064,00	243,00	306,00
2018-01	129186,00	23382,00	105804,00	83232,00	234,00	295,20
2017-12	109620,00	18522,00	91098,00	71424,00	232,20	273,60
2017-11	94716,00	17172,00	77544,00	61434,00	172,80	226,80
2017-10	91026,00	16884,00	74142,00	58176,00	163,80	194,40
2017-09	89136,00	17028,00	72108,00	55980,00	163,80	199,80
2017-08	90360,00	16740,00	73620,00	58320,00	165,60	190,80
2017-07	94932,00	16470,00	78462,00	64926,00	172,80	212,40
2017-06	94230,00	17730,00	76500,00	63720,00	189,00	232,20
2017-05	118638,00	21546,00	97092,00	82566,00	237,60	280,80
2017-04	132228,00	22050,00	110178,00	88128,00	252,00	320,40
2017-03	165132,00	29628,00	135504,00	102438,00	273,60	351,00
2017-02	141462,00	25380,00	116082,00	88992,00	291,60	340,20
2017-01	143424,00	25920,00	117504,00	88542,00	270,00	336,60
2016-12	121158,00	22590,00	98568,00	75456,00	237,60	293,40
2016-11	102402,00	19170,00	83232,00	62496,00	203,40	241,20
2016-10	100908,00	18918,00	81990,00	61380,00	207,00	234,00
2016-09	95454,00	18090,00	77364,00	58644,00	190,80	210,60

Fuente: *Elaboración propia con datos proporcionados por la Distribuidora Hidrandina*

Gráfica 5. Historial de Consumos de energía y potencia (HP y FP) set-16 a set-18



Fuente: *Elaboración propia con datos proporcionados por la Distribuidora Hidrandina*

Tabla 6. Resumen principales indicadores eléctricos

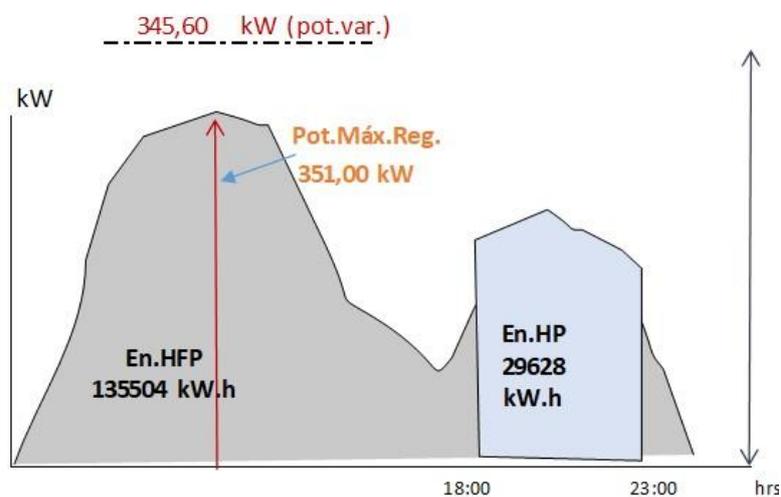
Conceptos		Consumo	Unidad
Energía	Horas Punta	245,07	MWh/año
	Horas Fuera de Punta	1119,83	MWh/año
	Total	1364,90	MWh _(e) /año
Potencia (Demanda Máxima)	Horas Punta	291,60	kW
	Horas Fuera de Punta	351,00	kW

Fuente: *Elaboración propia con datos proporcionados por la Distribuidora Hidrandina*

El Hospital ESSALUD requiere una energía eléctrica promedio de 1364,90 kWh/año que es abastecida completamente por la empresa distribuidora Hidrandina S.A. En cuanto a la máxima demanda anual, esta es de 351 kW y se presenta en horas Fuera de Punta. Asimismo, el mes representativo considerado en el presente trabajo es el mes de marzo de 2017 por ser el de mayor demanda de potencia y energía; a continuación, un análisis de sus principales parámetros.

Gráfica 6. Parámetros medidos en la tarifa MT3

mes	Energía Registrada				Potencia
	Activa			Reactiva	Activa
	horas punta	fuera punta	Total	Total	Máxima
	kW.h	kW.h	kW.h	kVarh	kW
mar-17	29628,00	135504,00	165132,00	102438,00	351,00
feb-17	25380,00	116082,00	141462,00	88992,00	340,20
ene-17	25920,00	117504,00	143424,00	88542,00	336,60
dic-16	22590,00	98568,00	121158,00	75456,00	293,40
nov-16	19170,00	83232,00	102402,00	62496,00	241,20
oct-16	18918,00	81990,00	100908,00	61380,00	234,00



c. Demanda Eléctrica del aire acondicionado

El aire acondicionado representa un consumo considerable de energía eléctrica dentro del Hospital de ESSALUD. A continuación, se presenta el detalle de los equipos de aire acondicionado existentes en ESSALUD:

Tabla 7. Equipos de Aire Acondicionado – Hospital ESSALUD

Área	Marca Equipo	Potencia (BTU/h)	Potencia (kW)	EER	Potencia (kW)
Sala N° 19	Carrier	36000	10,55	3	3,52
Sala N° 17	York	36000	10,55	3	3,52
Sala N° 16	York	36000	10,55	3	3,52
Densitometría	Coldpoint	24000	7,03	3	2,34
Tomografía	Lennox	90000	26,38	3	8,79
Sala 8	York	36000	10,55	3	3,52
Oftalmología	Lennox	60000	17,58	3	5,86
Hemodiálisis	CMIDEA	75000	21,98	3	7,33
Medicina	CMIDEA	75000	21,98	3	7,33
Medicina	CMIDEA	75000	21,98	3	7,33
Medicina	CMIDEA	75000	21,98	3	7,33
Medicina	CMIDEA	75000	21,98	3	7,33
Emergencia - Sala Observación 1	Lennox	90000	26,38	3	8,79
Emergencia - Sala Observación 2	Carrier	60000	17,58	3	5,86
Emergencia - Pasadiso de servicio	Lennox	90000	26,38	3	8,79
Centro Quirúrgico - Sala 1	Lennox	60000	17,58	3	5,86
Centro Quirúrgico - Sala 2	Lennox	60000	17,58	3	5,86
Centro Quirúrgico - Sala 3	Lennox	60000	17,58	3	5,86
Centro Quirúrgico - Sala 4	Lennox	60000	17,58	3	5,86
Centro Quirúrgico - Sala Recuperación	York	36000	10,55	3	3,52
Centro Quirúrgico - Sala Esterilización	Lennox	60000	17,58	3	5,86
Centro Quirúrgico - Sala UCA	Coldpoint	24000	7,03	3	2,34
Centro Quirúrgico - Sala Esterilización-Zona estéril	Coldpoint	24000	7,03	3	2,34
Centro Quirúrgico - Sala Esterilización-Zona no estéril	York	24000	7,03	3	2,34
Farmacia Central-Sala de medicinas	Lennox	60000	17,58	3	5,86
Farmacia Central-Sala de Atención al cliente	York	60000	17,58	3	5,86
Farmacia Central-Sala de alimentos medicinales	Lennox	60000	17,58	3	5,86
Farmacia de Emergencia	Lennox	60000	17,58	3	5,86
Unidad de Cuidados Intensivos	Lennox	90000	26,38	3	8,79
Unidad de Cuidados Intermedios	Lennox	60000	17,58	3	5,86
Neonatología - UCI Niños	York	36000	10,55	3	3,52
Neonatología - Observación	York	36000	10,55	3	3,52
Neonatología - Prestaciones	Coldpoint	24000	7,03	3	2,34
Auditorio	Lennox	48000	14,07	3	4,69
Auditorio	Lennox	48000	14,07	3	4,69
Auditorio	Lennox	48000	14,07	3	4,69
Auditorio	Lennox	48000	14,07	3	4,69
CAMEC	York	24000	7,03	3	2,34
CAMEC	York	24000	7,03	3	2,34

Fuente: *Elaboración propia con datos proporcionados por el Hospital ESSALUD*

d. Determinación de la Fuente de Energía Primaria

Una vez determinadas las demandas energéticas del hospital, es necesario definir la tecnología a instalar; para ello, un parámetro muy importante es la relación calor/ electricidad, la cual, para el caso del presente estudio, es un valor no muy elevado y cercano a 1. El Hospital III de Essalud – Chimbote, tiene demandas de vapor a baja entalpía dado que las presiones y temperatura de trabajo no son muy elevadas. Por tal motivo, un motor alternativo o reciprocante es el motor a instalar dado que este se adapta mejor a los requerimientos energéticos indicados. De otro modo, si se hubiese tratado de una fábrica o planta con procesos productivos de vapor a altas temperaturas y presiones, con elevados estados entálpicos, entonces se hubiese requerido una turbina.

Asimismo, al haberse determinado que los motores alternativos son los más indicados para el Hospital por las condiciones de demanda, debe tenerse en cuenta que estos pueden ser alimentados a gas a fin de dar cumplimiento a las exigencias normativas y de promoción del gas natural en nuestro país.

El Gas Natural utilizado por los hogares del Norte del Perú es extraído en Camisea, por la empresa Pluspetrol Corporation y llega a través de un gasoducto hasta la planta Pampa Melchorita en Cañete, operada por Perú LNG. Desde ahí, el Gas Natural es licuefactado (llevado a -162°C) para reducir su volumen 600 veces y transportado en camiones cisternas especialmente acondicionados para esta operación.

Los camiones viajan hasta las Plantas de Distrito localizadas en cada una de las 7 ciudades de la concesión norte (Huaraz, Chimbote, Trujillo, Pacasmayo, Chiclayo, Lambayeque y Cajamarca) para posteriormente regresar a su estado

gaseoso y ser inyectado en la red de ductos tendido en cada una de las ciudades. La cantidad de cisternas, la carga de estas y la cantidad de almacenamiento en cada una de las Estaciones de Distrito, garantizan un abastecimiento y continuidad de servicio.

CAPÍTULO III.

MATERIALES Y

MÉTODOS

3.1 MATERIALES

Los materiales usados en la presente investigación han sido los propios equipos de propiedad del hospital para la medición de temperatura, presión y contadores de energía eléctrica y potencia.

Cada caldera tiene su propio medidor de temperatura y presión tanto del vapor generado como de los gases de escape. Es decir, existen mediciones a la salida del generador de vapor; sin embargo, es un limitante que no exista medidores de flujo, temperatura y presión en la llegada de vapor a los distintos compartimientos que usan vapor, tales como: la lavandería, la cocina, el centro de esterilización, etc.

Asimismo, el Hospital cuenta con un medidor multifunción que es capaz de medir todos los parámetros propios de una tarifa MT3 y que es la que posee el Hospital para abastecerse de energía de la red de distribución. Parámetros como la energía activa en horas punta y fuera de punta o el registro de potencias consumidas por el Centro Hospitalario, son las que a su vez permiten determinar la máxima demanda y los cargos por potencia de distribución y generación.

Otro limitante presente en la investigación, fue la falta de una medición por método directo (a través de un medidor multifunción) de la energía eléctrica que va destinada al uso del aire acondicionado. Este es un dato muy importante dado que el Hospital, en los últimos años, según se advierte de sus históricos de consumos de energía y potencia, ha ido incrementando sus consumos de energía eléctrica debido al aumento de equipos de aire acondicionado por compresión.

Dado este inconveniente, se ha tenido que calcular la energía destinada al aire acondicionado considerando la potencia de cada equipo y las horas de uso según cada época estacional. No obstante lo anterior, vale mencionar que las exigencias de las normativas hospitalarias obligan a los centros de salud a mantener a

temperaturas bajas diversos compartimentos, no solo por situaciones de confort, sino como exigencia sanitaria a áreas específicas como los Centros quirúrgicos, el laboratorio, Farmacia y otras áreas más.

3.2 MÉTODOS

La evaluación de alternativas para la implementación de una planta de Trigeneración considera una condición de referencia (la planta convencional existente) y las situaciones propuestas:

3.2.1 Condición de Referencia: Se toma como referencia el estado o circunstancia en la que se encuentra actualmente la planta. Su operatividad mediante el uso de la energía eléctrica comprada de la red y la generación de vapor a partir de calderos que utilizan como combustible el Diesel B-5; es decir, la manera convencional como operan los centros energéticos en los hospitales del Perú. Asimismo, refleja las condiciones energéticas de operación del hospital en estudio, tanto de sus requerimientos de vapor como de energía eléctrica, de manera tal que se den las condiciones de normal operatividad.

Como base referencial, en el presente proyecto, se ha considerado la operación del Hospital III de Essalud – Chimbote, tanto de los requerimientos de vapor como los consumos de combustible, en el año 2017.

El hospital puede satisfacer sus demandas de calor (4635,88 MMBTU/año o 1358,30 MWh(t)/año) con las calderas existentes. En cuanto a la demanda de energía eléctrica, los requerimientos en el año de referencia (2017) fueron de 1364,9 MWhe/año, dicha energía es comprada a la distribuidora Hidrandina

S.A., mediante la opción tarifaria MT3.

3.2.2 Condición Propuesta: Corresponde a la alternativa de mejora propuesta (proceso de Trigeneración) con la finalidad de generar ahorros energéticos y una mejor operatividad de la planta en contextos energéticos, ambientales y económicos.

Para determinar si la nueva condición propuesta es factible en comparación con la condición referencial es necesario que en ambos casos existan las mismas prestaciones de servicio para operación del hospital. Es decir, en ambas situaciones deben existir las mismas condiciones y requerimientos de vapor, iluminación, aire acondicionado, etc.



Figura 22. Diagrama Comparativo entre producción con cogeneración y producción separada.

Fuente: GRUPO AB

3.2.3 Criterio General de Dimensionamiento

La operatividad de un proceso de Trigeneración depende primordialmente del calor que se entregue al sistema. Dicho calor puede ser obtenido, o bien de los gases de escape de una turbina a gas, o bien de los sistemas de refrigeración del motor, de

sus pérdidas de energía térmica por las camisas del motor y de los gases de escape del motor reciprocante a gas natural.

Como ya se dijo, dados los requerimientos de vapor a bajas temperaturas de los hospitales, los motores Reciprocantes a gas se presentan como una mejor alternativa ya que estos pueden generar gases de escape a temperaturas del orden de los 200 a 600 °C y calentar el agua a niveles de 60 a 100 °C o más, suficientes para cubrir los requerimientos del hospital.

Mediante los motores Reciprocantes o Alternativos se pueden recuperar cantidades considerables de energía, en forma de calor, evitando que este se pierda en el proceso, si de generar solo energía eléctrica se tratase o de generación de vapor y electricidad de manera separada. El calor es aprovechado por el agua que pasa por el sistema de enfriamiento de los cilindros, por el sistema de aceite de lubricación y por los gases de escape.

Una característica que define a los motores Reciprocantes, es que estos se adecuan mejor a una demanda variable, ya que su rendimiento no varía demasiado al bajar la carga. Sin embargo, presenta una desventaja: su ratio bajo de temperatura que limita la energía que puede ser recuperada.

3.2.4 Alternativas de Operación de la Planta

Dentro de los escenarios que se presentan para la operación de la planta, se puede considerar los siguientes sistemas:

- a) *Un sistema capaz de satisfacer la demanda térmica del hospital, pero no la demanda eléctrica*, en este caso si bien se satisface la demanda térmica

(fundamental para el hospital), no se satisface la demanda eléctrica por lo que el establecimiento de salud deberá comprar energía eléctrica a la distribuidora.

- b) *Un sistema que satisfaga solo la demanda eléctrica pero no la térmica*, en este escenario no se está cumpliendo con los requerimientos de calor; lo cual sería contraproducente dada su importancia fundamental en el hospital, por lo que para cumplir con esta demanda sería necesario utilizar los generadores de vapor existentes en el hospital, con sus propios costos de combustible Diesel que implica, lo cual iría contra los objetivos del presente estudio.
- c) *Un sistema que satisfaga ambas demandas (de electricidad y calor)*, en este escenario se cubren las demandas de calor y energía eléctrica, siendo la alternativa óptima para la operación del hospital. Tal vez no se pueda atender la demanda térmica por completo, pero sí la energía eléctrica a fin de no depender de la distribuidora eléctrica. De otro modo, si el arreglo de trigeneración se acomoda, de manera tal, que satisfaga la demanda total de calor (para los usos actuales de vapor y para activar la máquina de absorción, en el sistema de trigeneración), entonces se obtendrían excedentes de energía eléctrica que no podrían ser vendidos a la red dado que este país, si bien cuenta con una Ley de Generación Distribuida (GD), aún no cuenta con la Reglamentación de dicha Ley, tal como ya se explicó en el capítulo referido al marco normativo, lo cual mantiene en la incertidumbre a los actores que pretenden generar energía eléctrica desde sus establecimientos e inyectarla a la red.

3.2.5 Requerimientos técnicos de la planta

Para el dimensionamiento del equipo de generación eléctrica se requiere el cumplimiento de los siguientes requisitos:

- a) El equipo de generación eléctrica, debe tener una potencia, como

mínimo, igual a la potencia contratada actual proyectada al periodo de análisis, considerando el crecimiento de la demanda.

- b) El equipo de generación eléctrica, deberá ser seleccionado de manera tal que produzca energía térmica para satisfacer las demandas de calor en la planta (para el presente estudio, calor para generar vapor y calor para la máquina de absorción la cual proveerá el aire acondicionado). De poder cubrirse la totalidad de la energía térmica demandada, entonces esta demanda insatisfecha de vapor será cubierta por los calderos que ya posee el hospital, los cuales se alimentan de Diesel B5.
- c) El equipo de trigeneración, utilizará como único combustible el gas natural.
- d) Dada la falta de un Reglamento de Generación Distribuida se dimensionará la planta de modo que no existan excedentes de energía eléctrica; es decir, que esta no necesite ser inyectada a la red sino que satisfaga en el mayor porcentaje posible la demanda energética de la planta.

3.2.6 Parámetros de Diseño

Para el dimensionamiento de la planta es necesario conocer los parámetros de operación a lo largo de un periodo anual. Dichos datos han sido proporcionados por el hospital y/o calculados en los capítulos anteriores.

Tabla 8. Parámetros de Diseño

Parámetro	Dato	Unidad
Horas de Operación Anual de la Planta	8760	h/año
Horas de Operación Anual de la Planta Térmica	6205	h/año
Horas de Operación diaria de la Planta	17	h/día
Temperatura media Anual	19	°C

Fuente: *Elaboración Propia*

La tabla 9, presentada a continuación, muestra la información energética obtenida, así como parámetros referenciales de operación de la planta.

Tabla 9. Datos de Entrada

Parámetro	Dato	Unidad
Energía eléctrica demandada anualmente	1364,90	MWh/año
Máxima potencia contratada	299	KW
Máxima Demanda de Potencia	351	KW
Demanda promedio anual	263,25	kW
Demanda específica de energía eléctrica	221,95	kWh/h
Energía térmica demandada anualmente	1358,31	MWh/año
Energía térmica útil	1018,73	MWh/año
Tipo de combustible actualmente utilizado	Diesel B5	- - -
Demanda específica de energía térmica	219	kWh/h
Producción de vapor pico	0,96	Tn/h
Producción de vapor promedio	0,69	Tn/h
Capacidad de vapor instalada	1,56	Tn/h
Temperatura de agua de alimentación	70	°C
Presión promedio de alimentación de vapor	100	PSI
Consumo promedio mensual de combustible	3000	Gal
Eficiencia promedio de operación de calderas	75	%

Fuente: Elaboración Propia

La demanda específica de energía eléctrica se calcula como promedio ponderado de la potencia en base a los datos de energía eléctrica. Por ejemplo, tomando marzo de 2017, como mes de referencia, obtenemos:

$$(165\ 132\ \text{KWh/mes}) \times (31\ \text{días/mes}) \times (24\ \text{hrs/día}) = 221,95\ \text{kWh/h.}$$

Para los demás meses, en el año de referencia (2017), tenemos los siguientes valores referidos a la demanda específica de la energía eléctrica:

Tabla 10. Parámetros de la Planta Convencional (existente)

Periodo	N° días	Consumo Total (kW.h)	Consumo HP (kW.h)	Consumo FP (kW.h)	Energía Reactiva (kVarh)	Potencia HP (kW)	Potencia FP (kW)	Demanda Especifica (kW.h/h)	Máxima Demanda (kW)
2017-01	31	143424,00	25920,00	117504,00	88542,00	270,00	336,60	192,77	336,60
2017-02	28	141462,00	25380,00	116082,00	88992,00	291,60	340,20	210,51	340,20
2017-03	31	165132,00	29628,00	135504,00	102438,00	273,60	351,00	221,95	351,00
2017-04	30	132228,00	22050,00	110178,00	88128,00	252,00	320,40	183,65	320,40
2017-05	31	118638,00	21546,00	97092,00	82566,00	237,60	280,80	159,46	280,80
2017-06	30	94230,00	17730,00	76500,00	63720,00	189,00	232,20	130,88	232,20
2017-07	31	94932,00	16470,00	78462,00	64926,00	172,80	212,40	127,60	212,40
2017-08	31	90360,00	16740,00	73620,00	58320,00	165,60	190,80	121,45	190,80
2017-09	30	89136,00	17028,00	72108,00	55980,00	163,80	199,80	123,80	199,80
2017-10	31	91026,00	16884,00	74142,00	58176,00	163,80	194,40	122,35	194,40
2017-11	30	94716,00	17172,00	77544,00	61434,00	172,80	226,80	131,55	226,80
2017-12	31	109620,00	18522,00	91098,00	71424,00	232,20	273,60	147,34	273,60

Fuente: *Elaboración Propia*

La demanda específica de energía térmica, la calculamos como el cociente entre la demanda de energía térmica y las horas de operación de la planta térmica:

$$(1364,90 \text{ MWh/año}) / (6205 \text{ hrs/año}) = 0,219 \text{ MWh/año}$$

Existen tecnologías actualmente disponibles en el mercado, mediante las cuales se puede satisfacer las demandas energéticas de la planta. A continuación, se muestra un listado de motores Reciprocantes que permitirán elegir la alternativa más correcta de acuerdo a las demandas indicadas.

Tabla 11. Listado de Motores Reciprocantes

Marca Comercial	Potencia (kW)	Eficiencia de generación (%)	Consumo específico de lubricante (gal/kwh)	Cambio lubricante (gal)	Vapor (Tn/h)
Ingersoll Rand - N25	20	21.3%	0.00009	2.53	0.03
Ingersoll Rand - N40	34	24.7%	0.00009	3.71	0.05
Ingersoll Rand - N60	50	24.0%	0.00009	4.91	0.07
Cummins GGHE NG	65	28.0%	0.00009	5.93	0.08
Ingersoll Rand - N80	68	25.0%	0.00009	6.13	0.09
Cummins GGHH NG	75	28.0%	0.00009	6.58	0.09
Ingersoll Rand - N100	85	25.2%	0.00009	7.20	0.12
Cummins GGHG NG	85	28.0%	0.00009	7.20	0.10
Cummins GGHH NG	100	28.0%	0.00009	8.09	0.12
Ingersoll Rand - N130	110	26.6%	0.00009	8.67	0.14
Cummins GGKB NG	115	28.0%	0.00009	8.95	0.14
Cummins GGKC NG	125	28.0%	0.00009	9.51	0.15
KHOLER 135GS	130	26.4%	0.00009	9.78	0.17
Cummins GGKD NG	135	28.0%	0.00009	10.05	0.17
Bosch CHP CE 140 NA	70 - 140	36.5 %			
KHOLER 150RZDB	135	26.5%	0.00009	10.05	0.18
KHOLER 180RZDB	160	25.9%	0.00009	11.37	0.21
KHOLER 200RZDB	180	28.3%	0.00009	12.38	0.22
KOHLER 230RZDB	210	29.7%	0.00009	13.83	0.24
KOHLER 250RZDB	225	29.2%	0.00009	14.54	0.26
KOHLER 275RZDB	250	29.5%	0.00009	15.69	0.29
Cummins 315 GFBA	315	29.0%	0.00009	18.54	0.37
Cummins 334 GFBA	334	29.0%	0.00009	19.34	0.40
Deutz TBG 616 V8 K NG	338	34.5%	0.00009	19.51	0.34
Deutz TBG 616 V12 K NG	507	35.4%	0.00010	26.15	0.49
Deutz TBG 620 V12 K NG	1022	35.3%	0.00011	59.42	0.99
Cummins 1100 CQMA	1100	30.0%	0.00011	354.50	1.26
Cummins 1250 GQNA	1250	39.9%	0.00012	568.79	1.08

Fuente: Catálogos de fabricantes.

De la Tabla N° 11, se puede advertir que el motor reciprocante de mejores posibilidades para cubrir las demandas del hospital de manera eficientes es el motor Bosch CHP CE 140 NA, el cual con potencias relativamente bajas (70-140 kW) ofrece el mayor rendimiento de generación eléctrica. 0,365

3.2.7 Desarrollo de la Metodología

a. Evaluación energética de la Planta Existente (Convencional).

Teniendo los datos de partida es posible realizar la evaluación energética del proyecto que permitirán determinar los rendimientos tanto del sistema convencional como el sistema de trigeneración propuesto. Para ello es necesario definir los siguientes conceptos:

- Necesidades energéticas: Son los requerimientos energéticos del Hospital, tanto de electricidad como calor, a fin de que la Planta opere en condiciones de

normalidad atendiendo el total de la demanda o la mayor parte posible de esta.

- Producción de energía: Para el caso del sistema de trigeneración, la producción combinada de calor y electricidad en situación de trigeneración.

- Consumo de Combustible: Se evaluará y comparará el consumo de combustible de manera convencional (producción única de calor) y en situación de trigeneración (producción de calor y electricidad).

- Electricidad Producida (E_{gen}): Energía eléctrica autogenerada medida en los bornes del alternador:

Sistema Actual: E_{gen} : 1364,90 MW.h

Sistema de Trigeneración: E_{gen} : 970 320 MW.h

- Consumo de Combustible (Q): Consumo de energía primaria en referencia al poder calorífico inferior del combustible, gas natural (9600 kcal/m³), para la producción de calor y electricidad en la Planta.

Sistema de Trigeneración: Q: 1 102 MW.h/año

- Calor útil Recuperado (V): Es el calor absorbido por el vapor para los procesos propios de la planta del hospital (cocina, esterilización, lavandería, vapor para accionar la máquina de absorción). Para su cálculo se multiplica el caudal de vapor útil por la diferencia de entalpía entre el agua de entrada y el vapor de salida.

$$H = m \cdot h_V - m \cdot h_A$$

donde:

m : caudal vapor entregado al proceso

h_V : entalpía específica vapor entregado al proceso

h_A : entalpía del agua en estado líquido a 15 °C (15 kcal/kg)

Datos de Entalpía del proceso:

h_{VAP} : Entalpía vapor 30 bar recalentado a 325 °C : 3.043 MJ/tn

h_{VBP} : Entalpía vapor 5 bar recalentado a 220 °C : 2852 MJ/tn

h_{Vcond} : Entalpía condensado a 80 °C: 334,9 MJ/tn

h_{Vcond} : Entalpía agua de alimentación a 15 °C: 63 MJ/tn

PCI gas: Poder Calorífico del gas natural: 9600 kcal/nm³

PCI_{D B5}: Poder Calorífico Inferior del Diesel B5: 132000 BTU/gal

1 BTU: 2,93071 x 10⁻⁷ MW.h

1 MM BTU: 0,293 MW.h

Tabla 12. Nomenclatura de Parámetros empleados: Combustible, Calor y Energía Eléctrica

Cálculo	Unidad	Definición
Parámetro medido en planta	MWh	Combustible total consumido en una planta de cogeneración. Incluye post-combustión y equipos auxiliares de producción de calor (calderas convencionales, etc)
$F - F_{no-CHP,H}$	MWh	Combustible consumido por la cogeneración
$F_{CC} - F_{no-CHP,E}$	MWh	Combustible asociado a la producción de electricidad de cogeneración y calor útil
$E_{no-CHP} / \eta E$	MWh	Combustible asociado a la producción de energía que no es de cogeneración (E_{no-CHP})
Parámetro(s) medido(s) en planta	MW	Combustible consumido por equipos de producción de calor no asociados aguas abajo a procesos de cogeneración
Parámetro(s) medido(s) en planta	MWh	Combustible consumido por un equipo de post-combustión no asociado aguas abajo a procesos de cogeneración
Parámetro(s) medido(s) en planta	MWh	Combustible consumido por calderas convencionales para la producción (única) de calor a proceso
Parámetro medido en planta	MWh	Energía eléctrica generada por una planta de cogeneración
Si $\eta \geq \eta_0 E$	MWh	Electricidad de cogeneración
Si $\eta < \eta_0 H_{CHP} \cdot C$		
$E - E_{CHP}$	MWh	Energía eléctrica no de cogeneración
$E + \beta \cdot H_{CHP}$	MWh	Energía eléctrica producida en el modo de condensación total
Parámetro medido en planta	MWh	Energía eléctrica producida en periodos de operación en cogeneración total
Parámetro medido en planta	MWh	Calor total producido
$H - H_{no-CHP}$	MWh	Calor útil producido por cogeneración
$F_{no-CHP,H} \cdot Ref H_{\eta}$	MWh	Calor producido por procesos no cogenerativos
$F_{no-CHP,H postcombustión} \cdot Ref H_{\eta}$	MWh	Calor producido por dispositivos de postcombustión
$F_{no-CHP,H caldera} \cdot Ref H_{\eta}$	MWh	Calor producido por calderas convencionales
Parámetro medido en planta.	MWh	Calor producido en periodos de operación en

Parámetros	Cálculo	Unidad	Definición
η	$(E+HCHP)/FCC$	%	Rendimiento global de la cogeneración
η_E	E/FCC	%	Rendimiento de generación eléctrico y/o mecánico de la cogeneración
η_H	$HCHP/FCC$	%	Rendimiento térmico de la cogeneración
CHP $E\eta$	$ECHP/FCHP$	%	Rendimiento eléctrico asociado a la electricidad de cogeneración
CHP $H\eta$	$HCHP/FCHP$	%	Rendimiento térmico asociado al calor útil
$\eta_{Eno-CHP}$	EC/FCC	%	Eficiencia eléctrica de la planta cuando la demanda de calor a proceso es nula

Fuente: Elaboración Propia

b. Cálculo del Rendimiento de la Condición Actual

El sistema convencional utiliza energía eléctrica que es comprada de la red de distribución de Hidrandina S.A. y, por otro lado, genera vapor que es utilizado para las diversas actividades del Hospital (Cocina, esterilización, lavandería, terapia), a partir del Diesel B5.

La producción de vapor la hace a partir de una caldera la cual se alimenta del combustible con una eficiencia del 75 %.

Siendo así y considerando que el consumo anual de combustible Diesel B5 es de 35623,53 gal/año y que el PCI del Diesel B5 es de 132000 BTU/gal, entonces operando y realizando la conversión tenemos:

$$Q = 35120 \text{ gal/año} \times 132000 \text{ BTU/gal} \times \frac{0,293 \text{ MW.h}}{1 \text{ MM BTU}}$$

$$Q = 1358,3 \text{ MW.h/año}$$

Considerando la eficiencia de caldera de 0,75 (valor supuesto), entonces el calor V aprovechado por el vapor para los usos particulares dentro del Hospital es:

$$V = 1358,3 \text{ MW.h/año} \times 0,75$$

$$V = 1018,73 \text{ MW.h/año}$$

Asimismo, la energía eléctrica que llega a los usuarios finales en el Perú, en su mayor parte, es de generación térmica e hidroeléctrica. Una ilustración detallada se da en la siguiente figura.

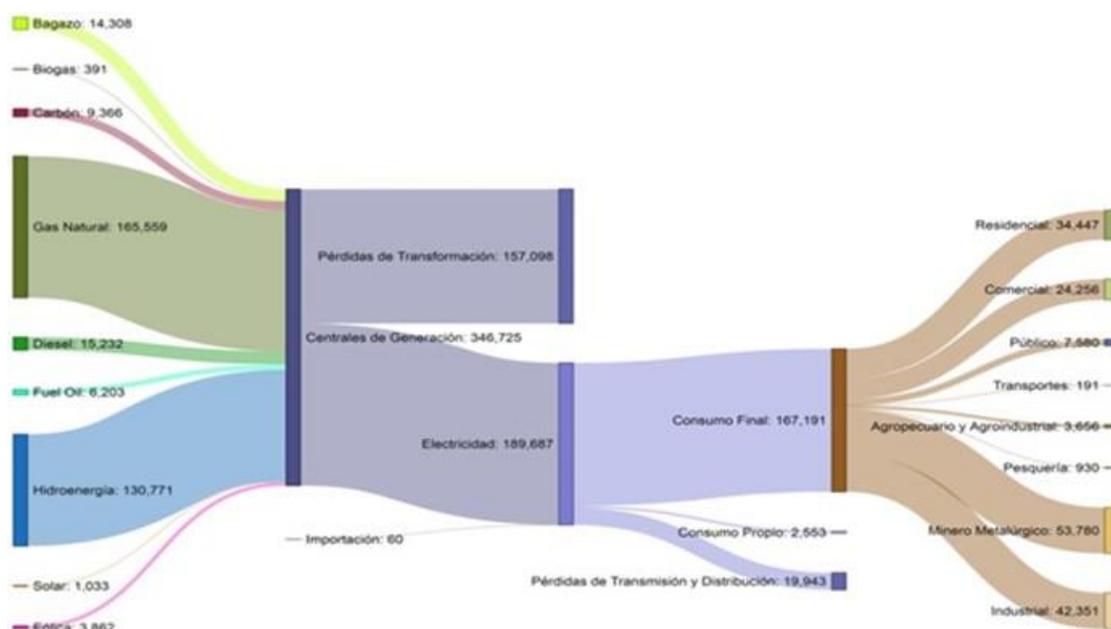


Figura 23. Diagrama De Flujo Sector Eléctrico Año 2017.

Fuente: Balance Nacional de Energía 2017

Como se puede advertir en la figura N° 23 existen pérdidas por transformación determinadas por la diferencia entre la energía de entrada y la obtenida en las centrales eléctricas. Según el Balance Nacional de Energía, en el 2017, las pérdidas por transformación fueron de 157 098 TJ y la eficiencia promedio de los centros de transformación se encontraban en el orden del 55%.



Figura 24. Esquema de Planta convencional.

Fuente: Gas Natural Distribución

Por lo tanto, la eficiencia de la planta hospitalaria considerando la manera actual y convencional de su uso es:

$$\text{Rendimiento de Energía Primaria} = (75+55) / (100 + 100) = 0,65 = 65 \%$$

c. Evaluación energética de la Planta con Trigeneración.

Cálculo de la Potencia

Los equipos que conforman el sistema de Trigeneración (equipo motor y máquina de absorción) se eligen según los requerimientos del establecimiento. Para el caso de hospitales, se pueden utilizar turbinas de gas o motores Reciprocantes, cada uno de ellos con sus ventajas y desventajas propias. Sin embargo, se ha optado por elegir los motores de combustión interna a gas (reciprocantes), debido a que estos se adecuan mejor a una demanda variable ya que su rendimiento no varía demasiado al variar la carga.

El motor elegido es un módulo de Cogeneración marca Bosch CHP, el cual puede ser modulado a diferentes rangos de potencia cuyas características técnicas se detallan a continuación:



Figura 25. Módulo de Cogeneración Bosch.

Fuente: *BOSCH*



Figura 26. Módulos de Cogeneración Bosch.

Fuente: *BOSCH*

Asimismo, en la figura 27 se muestra el motor con sus partes principales:

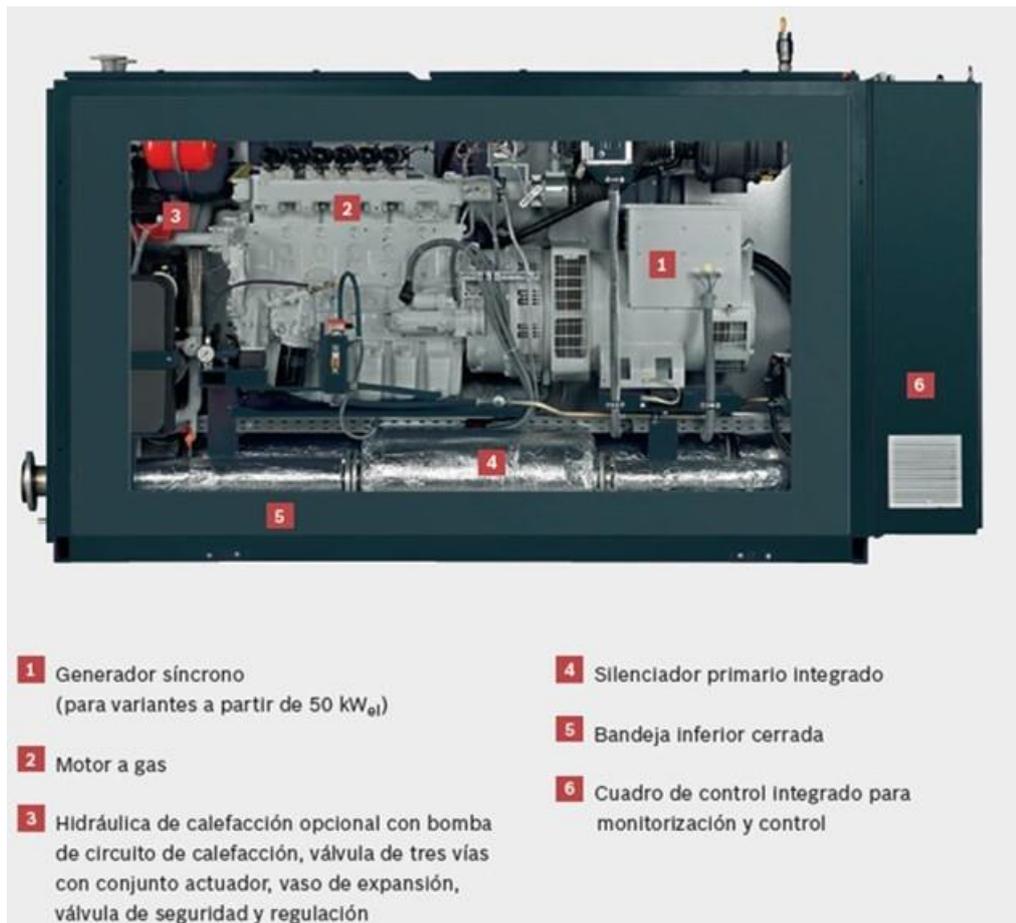


Figura 27. Módulos de Cogeneración Bosch.

Fuente: *BOSCH*

El objetivo para un buen dimensionamiento es lograr que la demanda, tanto de energía eléctrica como de energía térmica, sea satisfecha en un valor lo más cercano al 100%. De existir excedentes de energía, estos no serían vendidos a la empresa distribuidora, dado que, si bien se cumpliría con el REE exigido por la normatividad vigente, no existe un Reglamento de Generación Distribuida que reglamente o sirva como procedimiento para la venta e inyección a la red de los excedentes de energía que se hubieren generado. De existir déficits de

energía, estos serán abastecidos por la empresa concesionaria de energía eléctrica.

En el siguiente cuadro se muestra la demanda térmica anual para los procesos propios del hospital (cocina, lavandería, esterilización y otros), así como la demanda eléctrica anual utilizada para iluminación, aire acondicionado, computadoras, bombas y otros.

Tabla 13. Parámetros de la Planta de Trigeneración

Periodo	N° días	Consumo Total Energ. Elect. (kW.h)	Demanda Especifica (kW.h/h)	Producción de Vapor (kWt)	Consumo D B5 (gal/mes)	Consumo D B5 (kWh/mes)	Eficiencia de Caldera	Calor útil Producido (kWh/mes)
2017-01	31	143424	192,77	208,97	2847,37	110124,88	0,75	82593,66
2017-02	28	141462	210,51	227,85	2804,28	108458,33	0,75	81343,75
2017-03	31	165132	221,95	213,19	2904,95	112351,85	0,75	84263,88
2017-04	30	132228	183,65	220,13	2902,68	112264,05	0,75	84198,04
2017-05	31	118638	159,46	220,24	3001,02	116067,45	0,75	87050,59
2017-06	30	94230	130,88	234,83	3096,53	119761,39	0,75	89821,05
2017-07	31	94932	127,60	234,20	3191,21	123423,24	0,75	92567,43
2017-08	31	90360	121,45	211,17	2877,45	111288,26	0,75	83466,19
2017-09	30	89136	123,80	227,70	3002,56	116127,01	0,75	87095,26
2017-10	31	91026	122,35	204,49	2786,34	107764,49	0,75	80823,36
2017-11	30	94716	131,55	213,62	2816,91	108946,81	0,75	81710,11
2017-12	31	109620	147,34	212,00	2888,72	111724,13	0,75	83793,10
TOTAL	---	1364904	---	---	---	---	---	1018726,42

Fuente: *Elaboración Propia*

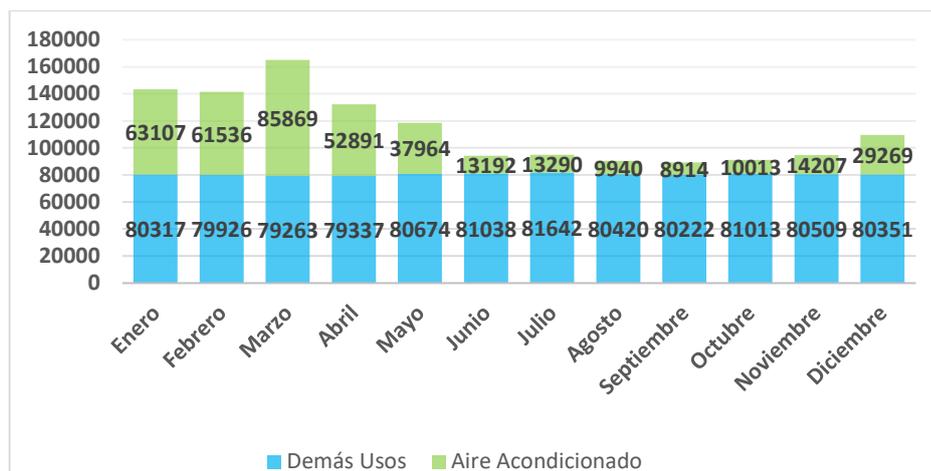
El consumo total de energía eléctrica, es la demanda de energía durante todo el año 2017; la demanda específica, es la potencia consumida promedio del Hospital durante el año de referencia y se ha considerado como eficiencia de la caldera 0,75, dado que es una caldera con algunos años de antigüedad. Asimismo, la producción total de vapor es lo demandado durante el año para los diferentes procesos que utiliza el Hospital.

Las condiciones indicadas son los requerimientos de electricidad y calor actuales que demanda el hospital.

La situación propuesta es la instalación de una Planta de Trigeneración que reduzca el consumo de energía primaria. Como se ve en la Gráfica N° 7, el Hospital tiene altos consumos de energía eléctrica en épocas de verano debido

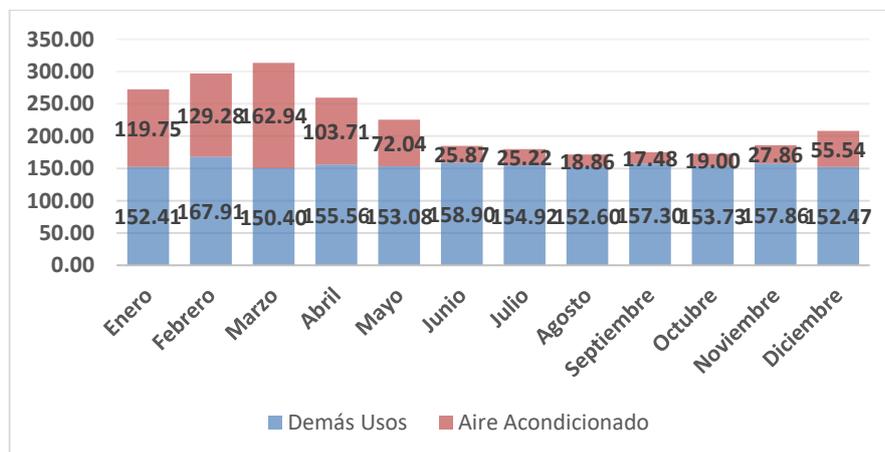
al uso del aire acondicionado, el cual mantiene a las diversas áreas del hospital a temperaturas acondicionadas utilizando sistema de refrigeración por compresión. Por lo tanto, se debe elegir la potencia del motor recíprocante de Cogeneración que más se adapte a las condiciones de demanda del Hospital.

Gráfica 7. Energía Consumida por mes – Año 2017 (kW.h)



Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfica 8. Potencia Específica por mes – Año 2017 (kW)



Fuente: *Elaboración Propia*

Un cuadro resumen de los principales parámetros considerados para el dimensionamiento del motor según las exigencias de la Planta es el mostrado en la tabla N° 14:

Tabla 14. Parámetros para Dimensionamiento de la Planta

Periodo	Consumo Energ. Elect. Trigeneración (kW.h)	Calor útil demandado Hospital (kWh/mes)	Calor útil necesario para A. acond (kWh)	Potencia Eléctrica Motor (kWe)	Energía Elect. Generada (kW.h)	Potencia Térmica Motor (kWt)	Energía Térmica Producida (kWh)	Calor que deberá seguir produciendo la caldera (kW.h)
2017-01	80317,44	82593,66	91432,80	110	81840	166,57	92946,86	81079,60
2017-02	79926,03	81343,75	89157,23	120	80640	181,71	91584,00	78916,98
2017-03	79263,36	84263,88	124411,95	110	81840	166,57	92946,86	115728,98
2017-04	79336,80	84198,04	76632,14	110	79200	166,57	89948,57	70881,60
2017-05	80673,84	87050,59	55004,89	110	81840	166,57	92946,86	49108,62
2017-06	81037,80	89821,05	19113,70	110	79200	166,57	89948,57	18986,17
2017-07	81641,52	92567,43	19256,09	110	81840	166,57	92946,86	18876,66
2017-08	80420,40	83466,19	14401,13	110	81840	166,57	92946,86	4920,46
2017-09	80222,40	87095,26	12914,59	110	79200	166,57	89948,57	10061,28
2017-10	81013,14	80823,36	14507,27	110	81840	166,57	92946,86	2383,78
2017-11	80508,60	81710,11	20584,59	110	79200	166,57	89948,57	12346,12
2017-12	80351,46	83793,10	42406,12	110	81840	166,57	92946,86	33252,37
TOTAL	964712,79	1018726,42	579822,49	---	970320	---	1102006,286	496542,63

Fuente: *Elaboración Propia*

Se debe considerar que con la nueva propuesta de Trigeneración se requerirá, por un lado, mayor vapor para accionar la máquina de absorción (579 822 kW.h) que servirá para cubrir las demandas de aire acondicionado y, por otro lado, se debe considerar que la energía eléctrica utilizada para activar el aire acondicionado por compresores ($1\ 364\ 904 - 964\ 712,29 = 400\ 191,21$ kW.h) ya no será demandada.

d. Evaluación del Rendimiento Eléctrico Equivalente

De acuerdo al Reglamento de Cogeneración, para que una instalación sea considerada una “central de cogeneración calificada”; el titular deberá presentar una solicitud de calificación a la Dirección General de Electricidad, acompañando de un “a) Informe técnico que sustente el cumplimiento de los valores mínimos de Rendimiento Eléctrico Efectivo (REE) y relación entre Energía Eléctrica y Calor Útil (C)” tal como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 15. Valores Mínimos de Rendimiento Eléctrico Efectivo (REE) y relación entre Energía Eléctrica y Calor Útil (C)

Tecnología	REE* según tensión de conexión al Sistema Eléctrico			C = E/V
	Menor a 1 kV	Entre 1 kV y 33 kV	Mayor a 33 kV	
Motores de combustión interna	0,52	0,54	0,55	0,87
Turbinas de gas de ciclo combinado	0,52	0,54	0,55	0,77
Turbinas de gas de ciclo simple	0,53	0,55	0,56	0,60
Turbinas de vapor de extracción	0,56	0,58	0,59	0,33
Turbinas de vapor de contrapresión	0,68	0,72	0,73	0,15

Donde:

“E” es la energía eléctrica generada en los bornes del alternador, expresada en MWh,

“V” es la cantidad del calor útil procedente exclusivamente de la central de cogeneración, expresada en MWh

“Q” es la energía suministrada por el combustible utilizado, calculada en MWh y en base a su poder calorífico inferior.

Los valores de REE y C se calculan para las condiciones de operación en máxima capacidad efectiva de la central y una (01) hora de operación continua de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$REE = \frac{E}{Q - \frac{V}{0,9}}$$

Reemplazando valores:

$$REE = \frac{964712,79}{2661449,14 - \frac{1102006,29}{0,9}}$$

Operando, se tiene:

$$REE = 0,67 > 0,52$$

El cual cumple con el Reglamento de Cogeneración dado que el valor de REE es mayor que 0,52 para generación menor a 1 kV como es el presente caso de estudio.

En cuanto a la Relación $C = \text{Energía Eléctrica/Calor Útil}$

Tenemos: $C = 970\,320 / 1\,102\,006 = 0,88$ (cumple con el Reglamento)

e. Cálculo del ahorro de energía primaria (PES) con Trigeneración

Si bien la Normatividad peruana no considera una fórmula para determinar el ahorro energético de energía primaria, tomando como referencia la Directiva Europea, una planta de cogeneración que posea un $PES \geq 10\%$ se considerará de alta eficiencia.

$$PES = \left[1 - \frac{1}{\frac{CHP H_n}{Ref H_n} + \frac{CHP E_v}{Ref E_v}} \right] \times 100$$

Donde:

CHP H_n: Eficiencia Térmica de Producción, es la relación entre la energía térmica recuperada y útil para el proceso, mediante la utilización de la tecnología de cogeneración [HCHP] anualmente y la energía en gas natural consumida anualmente en las cogeneraciones [Fcc].

En el presente caso, $H_{CHP} = 1\,102\,006 \text{ kW.h}$ y $F_{cc} = 2\,661\,449 \text{ kW.h}$.

Entonces $CHP_{Hn} = 1\,102\,006 \text{ kW.h} / 2\,661\,449 \text{ kW.h} = 0,41$

CHP_{Ev} : Es la relación entre la energía eléctrica generada [$E_{e.gen}$] mediante la utilización de la tecnología de cogeneración anualmente y la energía del gas natural consumida anualmente por dicha aplicación [F_{cc}]. En el presente caso, $E_{e.gen} = 970\,320 \text{ kW.h}$ y $F_{cc} = 2\,661\,449 \text{ kW.h}$.

Entonces $CHP_{Hn} = 970\,320 \text{ kW.h} / 2\,661\,449 \text{ kW.h} = 0,36$

Asimismo, se puede calcular el rendimiento Global de la Planta de Trigeneración:

Rendimiento Global = $CHP_{Hn} + CHP_{Ev}$

Rendimiento Global = $0,41 + 0,36 = 0,78$

Por otro lado, se tienen valores referenciales utilizados por la Comunidad Europea para el cálculo del ahorro de energía primaria:

Ref H_n : 0,90 utilizado en Europa como valor referencial para el gas natural

Ref E_v : 0,496 utilizado en Europa como valor referencial, inicialmente fue de 0,522 para el gas natural pero corregido posteriormente con el factor de 0,945, dando como resultado 0,496

Por lo tanto, operando la fórmula con los datos se obtiene:

$$\text{PES} = \left[1 - \frac{1}{\frac{0,41}{0,9} + \frac{0,36}{0,496}} \right] \times 100$$

$$\text{PES} = 16,32 \%$$

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Respecto al Rendimiento Eléctrico Efectivo (REE) de la Planta de Trigeneración:

Como resultado de la evaluación realizada a la planta de Trigeneración se ha obtenido una REE de 0,67, la cual supera al valor de 0,52 exigido por el Reglamento de Cogeneración – Tabla 15 del presente Informe (cuando la generación de energía eléctrica se realice a tensiones menores a 1 kV, como en el presente caso que se generará en Baja Tensión), convertiría a la Planta como una central de cogeneración calificada. Sin embargo, como ya se ha explicado en los apartados anteriores, de existir excedentes de energía eléctrica generada, estos no serían inyectados a la red dado que aún no se cuenta con un Reglamento de generación distribuida que regule en forma efectiva dichas actividades.

4.2 Respecto al Rendimiento Global de la Planta de Trigeneración:

Al evaluar el Rendimiento Global de la planta (0,78), se obtiene un valor mayor al rendimiento de la planta de manera convencional (0,65), el cual obtiene energía de la red eléctrica vía el contrato de un suministro eléctrico y la generación de vapor a partir de las calderas consumiendo Diesel B5 que es más contaminante que el gas natural (combustible utilizado por la Trigeneración). Es, por lo tanto, mucho más provechoso, producir energía eléctrica y calor de manera simultánea y conjunta a producirla de manera separada tal como el sistema convencional.

4.3 Respecto a la Relación Electricidad / Calor Útil:

En cuanto a la Relación $C = \text{Energía Eléctrica} / \text{Calor Útil}$, se ha obtenido un valor de 0,88 el cual cumple con la exigencia del Reglamento de Cogeneración (Tabla 15) para motores alternativos (0,87). Al cumplir esta exigencia, en conjunto con la

REE la planta de Trigeneración propuesta sería una central de cogeneración calificada.

4.4 Respecto al Cálculo del ahorro de energía primaria (PES) con Trigeneración

Se ha obtenido un valor de 16,32 % el cual es mayor al considerado por la Normativa Europea que considera a una Central con un PES mayor al 10 % como una Central de Alta Eficiencia. Asimismo, es un valor muy cercano al ahorro de energía primaria que se planteó como hipótesis de este proyecto (20 %).

Cabe precisar que, para el cálculo de este parámetro se han considerado valores como el Ref Hn: 0,90, utilizado en Europa como valor referencial para el gas natural y el Ref Ev: 0,496, utilizado en Europa como valor referencial, inicialmente fue de 0,522 para el gas natural pero corregido posteriormente con el factor de 0.945, dando como resultado 0,496.

Estos valores referenciales son comparados con los valores de CHP Hn (0,41): Eficiencia Térmica de Producción, que es la relación entre la energía térmica recuperada y útil para el proceso, mediante la utilización de la tecnología de cogeneración [HCHP] anualmente y la energía en gas natural consumida anualmente en las cogeneraciones [Fcc] y con el valor CHP Ev (0,36): que es la relación entre la energía eléctrica generada [Ee.gen] mediante la utilización de la tecnología de cogeneración anualmente y la energía del gas natural consumida anualmente por dicha aplicación[Fcc].

4.5 Respecto de la producción de energía eléctrica y de calor en el proceso de Trigeneración.

En la tabla N° 14, se advierte que la energía eléctrica total anual producida con el sistema de trigeneración es de 970 320 kW.h, satisface la demanda anual de energía eléctrica de 964 712,79 kW.h (considerando que no se demandará energía eléctrica para accionar los compresores del aire acondicionado, sino que se hará con vapor a partir de una máquina de absorción).

Sin embargo, la demanda de vapor total, tanto para cubrir las necesidades propias del hospital (cocina, esterilización, lavandería, etc) y las del vapor que se utilizará para accionar la máquina de absorción para la producción de aire acondicionado, representan un valor de 1 018 726,42 kW.ht (requerimientos para usos del hospital) + 579 822,49 kW.ht (requerida para el aire acondicionado), da un valor total demandado de calor de 1 598 548,91 kW.ht el cual no puede ser cubierto en su totalidad por el motor recíprocante, que con una potencia máxima de 140 kW_e y 212 kW_t (ver figura 25), es capaz de producir por año 1 102 006,286 kW.ht. Por lo tanto, existiría una demanda insatisfecha de calor de 496 592,63, la cual deberá ser producida por las calderas existentes del Hospital y estarían destinadas a atender las demandas de vapor de las diferentes áreas del hospital mas no del vapor necesario para accionar el aire acondicionado (dado que ya no se utilizarán el sistema de refrigeración por compresión).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. La implementación de un sistema de trigeneración en el Hospital III Chimbote – ESSALUD permitiría reducir el consumo de energía primaria en un porcentaje PES = 16,23 % respecto del sistema convencional existente, lo cual la posiciona, según la Normatividad europea, como una instalación de cogeneración de alta eficiencia.
2. La demanda anual de electricidad del Hospital mediante una planta convencional es de 1364,9 MWh y la energía térmica para producir el vapor requerido es de 1018,73 MW.h, mientras que con el sistema de trigeneración se demandaría 964,71 MW.h de energía eléctrica y 1 102 MWh de energía térmica.
3. Se ha evaluado el equipo de trigeneración y se ha determinado que este operaría con un Rendimiento Eléctrico Equivalente (REE) de 67,52%, una Relación Electricidad / Calor Útil de $C = 0,88$ y un Rendimiento Global de 77,86 %, parámetros suficientes para cumplir con las exigencias del Reglamento de Cogeneración a fin de ser considerada la planta de cogeneración como una Central de Cogeneración Calificada.
4. Para cumplir con las exigencias del sistema Trigeneración, se ha elegido un motor alternativo de cogeneración de una potencia máxima de 140 kWe y 212 kWt el cual genera la energía eléctrica suficiente como para no depender de la red de distribución; sin embargo, este motor no produce el calor necesario para cubrir la demanda total de energía térmica, por lo que dicho defecto de producción deberá ser cubierto por el sistema convención de producción de vapor a través de los

calderos existentes, los cuales deberán generar vapor para cubrir las demanda parcial de los compartimientos del Hospital. Dicho vapor generado no deberá ser utilizado para cubrir la demanda de calor para el aire acondicionado.

RECOMENDACIONES

1. Para complementar el estudio se recomienda hacer una evaluación económica y de rentabilidad de la planta de trigeneración con respecto a la planta convencional.
2. Se recomienda instalar mediciones de flujo másico, temperatura y vapor en las líneas de llegada al área de cocina, esterilización, lavandería, etc.
3. A fin de tener datos más precisos se recomienda instalar medidores en las líneas eléctricas que alimentan los sistemas de aire acondicionado, lo cual permitirá obtener datos más exactos de energía y potencia con mediciones cada 15 minutos.
4. Se recomienda realizar estudios sobre trigeneración en hospitales utilizando celdas de combustible o microturbinas.
5. Se recomienda realizar el cálculo de la eficiencia a las dos calderas existentes en el recinto hospitalario a fin de contar con datos más precisos y por ende cálculos más cercanos a la realidad.

**CAPÍTULO VI.
REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS Y
VIRTUALES**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, J. (2007). *Factibilidad de Instalación de una Planta de Generación Distribuida con Gas Natural en el Hospital María Auxiliadora*. Lima.
- BP Statistical Review of World Energy. (2017, Junio). *BP Statistical Review of World Energy Junio 2017*. Recuperado de <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf>
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2003). *Sostenibilidad Energética en América Latina y El Caribe: El Aporte de las Fuentes Renovables*. Recuperado de http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2764/S2003717_es.pdf?sequence=1
- COGEN CHALLENGE. (2006). *Pick the right cogeneration technology. A technology checklist of small-scale cogeneration*.
- Colmenar A., Borge D, Collado E., Castro M. (2016) *Generación Distribuida, Autoconsumo y Redes Inteligentes*. Madrid, España. Recuperado de (https://books.google.com.pe/books?id=m1asCwAAQBAJ&pg=PA87&lpg=PA87&dq=diferencia+entre+generacion+distribuida+y+sistema+aislado&source=bl&ots=hLQmdkNgwk&sig=IELYZ0EsAdGwSAa3oWkWF1S_l4g&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwit6JicwOXZAhUS7lMKHbTVDqwQ6AEIczAH#v=onepage&q=diferencia%20entre%20generacion%20distribuida%20y%20sistema%20aislado&f=false)
- Cuadra, V. (2014). *Estudio de Viabilidad de un Sistema de Trigeneración para un Hospital*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- ENERPyme. 2006. *Manual de cogeneración a pequeña escala: Ministerio de Medio Ambiente*.

- Fernández, J. (2011). *Cogeneración Eléctrica*. Zaragoza, España: SEAS
- Frayle, D. et al (2010). *Guía de la Cogeneración*. Madrid, España.
- FUNDACIÓN ASTURIANA DE LA ENERGÍA - FAEN (2012). Cogeneración de pequeña potencia [en línea]. Recuperado el 18 de febrero de 2018 de http://www.faen.es/wp-content/uploads/2016/07/FAEN_GUIA_COGENERACION.pdf
- García S. y Frayle D. (2008). *Cogeneración Diseño, Operación y Mantenimiento de Plantas de Cogeneración* (1 edición). Ediciones Díaz de Santos. Madrid, España. 564 pp.
- INGENIERÍA HOY (2012). Trigeneración en el Hospital Son Llátzer [en línea]. Recuperado el 18 de febrero de 2018 de http://directivos.publicacionmedica.com/contenido/images/TRIGENERACION%2093N_revestimientos.pdf
- J.Moran, M., & N. Shapiro, H. (2004). *Fundamentos de Termodinámica Técnica* (2 ed.). (J. A. Turegano, Trad.). Madrid, España: Editorial Reverte. 863 pp.
- Ley N° 27133. *Ley De Promoción del Desarrollo de La Industria Del Gas Natural*. Publicada en el Diario Oficial El Peruano el 04/06/1999. Perú.
- Lozano, M. (2003). *Síntesis de Sistemas de Cogeneración, Fundamentos y Aplicaciones*. Zaragoza, España
- Lozano, M., Ramos, J., & Sánchez, S. (2005). *Optimización de Sistemas De Trigeneración para Hospitales*. Zaragoza-España.

CAPÍTULO VI.

ANEXOS

6.1 FICHA TÉCNICA APROBADA Diesel B5

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL BIEN

Denominación del bien	: DIESEL B5 S-50
Denominación técnica	: DIESEL B5 S-50
Grupo/clase/Familia	: Combustibles, aditivos para combustibles, lubricantes y materiales anticorrosivos/Combustibles/Petróleo y destilado/Diesel
Nombre del Bien en el Catálogo del SEACE	: DIESEL B5 S-50
Código	: A1510150500233280
Unidad de medida	: GALONES
Descripción General	: El Diesel B5 S-50 es la mezcla que contiene un volumen de 5 % de Biodiesel B100 y el restante de Diesel N° 2, con un contenido máximo de 50 partes por millón de azufre.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL BIEN

El Diesel B5 S-50 deberá estar sujeto a las características técnicas (físico-químicas) o especificaciones de calidad que se establecen en el siguiente cuadro:

CARACTERÍSTICAS	Especificación		Método ASTM / Otros
	Min.	Máx.	
VOLATILIDAD			
Destilación, °C (a 760 mm Hg) 90% recuperado a	282	360	D-86
Punto de inflamación Pensky Martens, °C	52		D-93
Densidad a 15°C, kg/m ³	Reportar		D-1298 , D-4052
FLUIDEZ			
Viscosidad Cinemática a 40°C, cSt	1,9	4,1	D-445
Punto de Ecurrimiento, °C		4	D-97

COMPOSICIÓN			
Número de Cetano	45		D-613
Índice de Cetano	40		D-4737 , D-976
Cenizas, % masa		0,01	D-482
Residuos Carbón Ramsbottom 10% fondos, % masa		0,35	D-524 , D-189
Azufre Total, mg/Kg (ppm)		50	D-2622 , D-4294 , D-5453
CORROSIVIDAD			
Corrosión Lámina de Cobre, 3 h a 50°C, N°		3	D-130
CONTAMINANTES			
Aguas y Sedimentos, % vol.		0,05	D-1796 , D-2709
LUBRICIDAD			
Lubricidad, diámetro rasgado de uso corregido, HFRR a 60°C, micrón		520	D-6079
REQUERIMIENTOS DE OPERATIVIDAD			
Punto de obstrucción del filtro, flujo en frío, °C (CFFP) o (POFF)		-8	D-6371
CONDUCTIVIDAD			
Conductividad, pS/m	25		D-2624 , D-4308
BIODIESEL (B100)			
Contenido, % vol.		5	D-7371 , EN-14078

REQUISITOS

Constancia de Registro o Ficha de Registro vigente del Registro de Hidrocarburos del OSINERGMIN.

CERTIFICACIÓN

Opcional.

OTRAS ESPECIFICACIONES

Las Entidades Públicas que son consumidores directos autorizados, es decir aquellas que cuentan con instalación fija o móvil y cuya capacidad mínima de almacenamiento es de 1m³

(264.17gl), deberán hacer uso del Sistema de Control de Ordenes de Pedido (SCOP) del OSINERGMIN, para registrar la información de las órdenes de pedido del combustible líquido requerido.

6.2 Proyecto de Masificación del Gas Natural Concesión Norte

Proyecto 5: MASIFICACIÓN DEL USO DE GAS NATURAL A NIVEL NACIONAL CONCESIÓN NORTE Actualizado al 31.01.2018	
DENOMINACIÓN	PROYECTO DE MASIFICACIÓN-CONCESIÓN NORTE
EMPRESA TITULAR	QUAVII
PERFIL DEL PROYECTO	
El proyecto consiste en brindar el servicio de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos en las áreas de concesión, que son Chimbote, Chiclayo, Trujillo, Huaraz, Cajamarca, Lambayeque y Pacasmayo.	
INFRAESTRUCTURA DEL PROYECTO	
<ul style="list-style-type: none"> Transporte terrestre de Gas Natural Licuado(GNL) Estaciones de Distrito 	Desde el Punto de Suministro (Estación de Carga Perú LNG) Incluyen un sistema de recepción, almacenamiento y regasificación del GNL, además de las estaciones de regulación, medición y odorización.
<ul style="list-style-type: none"> Sistema de Distribución de Gas Natural 	Por red de ductos, para suministrar a los usuarios finales.
UBICACIÓN	
El área de influencia: Chimbote, Chiclayo, Trujillo, Huaraz, Cajamarca, Lambayeque y Pacasmayo.	
DATOS DE CONTRATO	
<ul style="list-style-type: none"> Fecha de adjudicación Firma de contrato (cierre) Puesta en operación comercial Plazo de la concesión Compromiso de Inversión (POC) Operador Calificado 	25 julio 2013 31 octubre 2013 07 diciembre de 2017 19 años, a partir de la POC US\$ 62.3 MM Surtigas S.A. ESP.
HITOS DEL PROYECTO	
ACTIVIDADES PREVIAS A LA CONSTRUCCIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> Febrero 2015 : Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA) 30.07.2015 : Aprobación Declaración de Impacto Ambiental (DIA) 31.07.2015 : Manual de Diseño, Programa de Gestión de Calidad y Manual de Construcción Octubre 2015 : Estudio de Riesgos 30.09.2016 : Aprobación DIA – Huaraz 	
CONSTRUCCIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> 20.02.2017: Proyecto Complementario, Estación de Carga de GNL (Planta Melchorita): Perú LNG posterga nuevamente la fecha de inicio de la primera carga de camiones programada para el día 27.10.2017. 05.09.2015: Inicio de las actividades de construcción del Sistema de Distribución de Gas Natural. con la 	



Línea de tiempo del Proyecto de Masificación del gas natural de la Concesión Norte



INFORMACIÓN ADICIONAL DEL PROYECTO

- Mediante RCD N° 056-2017-OS/CD, publicada el 06.04.2017, se publicó la resolución que aprueba el Factor K, los cargos tarifarios complementarios de inspección, supervisión y habilitación de instalaciones internas para consumidores mayores a 300 m3/mes y los cargos de corte y reconexión.
- Mediante Informe Legal N° 011-2017-MEM/DGH-DNH-DGGN de fecha 23 de marzo de 2017 se amplía el plazo de suspensión hasta el 26 de julio de 2017.
- Shell GNL Perú S.A.C., mediante Carta PLNG-GM-0228-17, de fecha 28 de agosto de 2017, comunica a Osinergmin la postergación de la primera carga de camiones programada para el día 29.08.17.
- Shell GNL Perú S.A.C., comunicó el programa de carga de camiones de GNL a realizarse el 27 de octubre de 2017 (02 camiones) y el 31 de octubre de 2017 (02 Camiones).
- Mediante RCD N° 226-117-OS/CD, publicada el 15.12.2017, se exceptuó hasta el 23 de enero de 2018, a la empresa PERÚ LNG, de la obligación de inscripción en el Registro de Hidrocarburos como Operador de Estación de Carga de GNL.
- Gases del Pacífico ha publicado los pliegos tarifarios aplicables desde noviembre de 2017 en su página web.
- Mediante Informe Semanal N° DGH-108, la concesionaria comunicó que realiza el control y monitoreo de variables de proceso a sus siete (07) Estaciones de Distrito (Trujillo, Chiclayo, Lambayeque, Pacasmayo, Chimbote, Cajamarca y Huaraz)..

USUARIOS A CONECTAR

El Concesionario se comprometió a conectar a 150,137 clientes residenciales en un plazo de cinco (5) años, de acuerdo al Primer Plan de Conexiones, que se encuentra contenido en el Anexo N° 05 del Contrato de Concesión.

PRIMER PLAN DE CONEXIONES

Localidad	2018	2019	2020	2021	2022	Total
Cajamarca	3,420	5,016	4,332	4,142	590	17,500
Lambayeque	1,152	1,690	1,460	1,396	164	5,862
Chiclayo	7,446	10,923	9,432	9,019	914	37,734
Pacasmayo	497	729	630	602	128	2,586
Trujillo	10,332	15,155	13,089	12,514	674	51,764
Chimbote	5,044	7,399	6,390	6,110	380	25,323
Huaraz	1,813	2,661	2,297	2,197	400	9,368
Total	29,704	43,573	37,630	35,980	3,250	150,137

Nota: GDP debe contar con un mínimo de nueve (09) estaciones de gas natural vehicular instaladas y operativas antes de concluir el plazo del Primer Plan de Conexiones.

Ciudad	Instalaciones Residenciales Construidas (*)	Instalaciones Residenciales Habilitadas (**)
Cajamarca	371	01
Lambayeque	02	02
Chiclayo	02	01
Pacasmayo	01	01
Trujillo	2 114	25
Chimbote	972	26
Huaraz	01	01
Total	3 463	57

(*) Informe norte - enero 2018 - Quavil

(**) Reporte de conectados acumulado al 31 diciembre 2017

Operaciones de suministro de GNL en la Estación de Distrito de Trujillo.



Estación de Distrito en la ciudad de Chimbote, vista de las instalaciones que incluye: i) Dos (02) tanque de almacenamiento (200 m³), ii) Seis (06) Vaporizador vertical marca THERMAX Inc y iii) Un (01) Estación de Regulación.

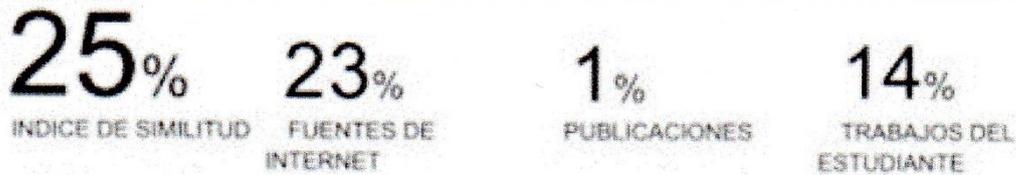


Estación de Distrito en la ciudad de Pacasmayo, vista de las instalaciones que incluye: i) Un (01) tanque de almacenamiento (30 m³), ii) Un (01) Vaporizador vertical marca THERMAX Inc y iii) Un (01) Estación de Regulación.

“EFECTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCESO DE TRIGENERACIÓN SOBRE EL CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA EN UN HOSPITAL”

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	www.tech4cdm.com Fuente de Internet	2%
3	upcommons.upc.edu Fuente de Internet	2%
4	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	intranet2.minem.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	docslide.us Fuente de Internet	1%
7	195.235.172.235 Fuente de Internet	1%
8	www2.osinerg.gob.pe Fuente de Internet	1%