



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

“Análisis técnico y económico para el cambio de sistema de cogeneración industrial a sistema de cogeneración comercial en la empresa Agrolmos S.A, para inyectar energía eléctrica al SEIN”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTORES

Derian Emil Marlo Sánchez

José Leonel Paredes Vargas

ASESOR

Ing. Raúl Paredes Rosario

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Generación, Transmisión y Distribución de Energía

TRUJILLO – PERÚ

2018

PÁGINA DEL JURADO

“ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA EL CAMBIO DE SISTEMA DE
COGENERACIÓN INDUSTRIAL A SISTEMA DE COGENERACIÓN
COMERCIAL EN LA EMPRESA AGROLMOS S.A, PARA INYECTAR
ENERGÍA ELÉCTRICA AL SEIN”

José Leonel Paredes Vargas
Autor

Derian Emil Marlo Sánchez
Autor

Presentada a la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad César
Vallejo de Trujillo para obtener el título de Ingeniero Mecánico Electricista.

Ing. Alex Deyvi Tejeda Ponce
Presidente

Ing. Felipe Eduardo De La Rosa Bocanegra
Secretario

Ing. Raúl Paredes Rosario
Vocal

DEDICATORIA

La presente tesis la dedicamos en primer lugar a Dios, quien guía nuestros pasos por el sendero del camino correcto, por brindarnos las fuerzas necesarias para seguir adelante y resolver cada obstáculo que se presenta en nuestras vidas.

Agradecemos a nuestra familia en especial a nuestros padres por su amor, comprensión y ayuda en los momentos más complicados y por forjar en nosotros una carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento al Ing. Raúl Paredes Rosario, por su dirección como asesor especialista, por su visión crítica en los diferentes aspectos técnicos y metodológicos de la presente tesis.

Agradecimiento al ing. Felipe Eduardo De La Rosa Bocanegra, como asesor metodológico, por su guía constante y por su rectitud en su profesión como docente, por sus lecciones que contribuyen a la investigación científica.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Los autores: José Leonel Paredes Vargas con DNI N° 47563331 y Derian Emil Marlo Sánchez con DNI N° 72276756 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, diciembre del 2018.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado, presento ante ustedes la tesis titulada “*Análisis técnico y económico para el cambio de sistema de cogeneración industrial a sistema de cogeneración comercial en la empresa Agrolmos S.A, para inyectar energía eléctrica al SEIN*”, con la finalidad de cogenerar 3000 KW de energía eléctrica y comercializarlos al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional del estado peruano, cumpliendo las normas peruanas de cogeneración, logrando un beneficio económico útil para el ingenio azucarero. En cumpliendo con el reglamento de grados y títulos de la Universidad César Vallejo, con el propósito de cumplir con los requisitos para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

Por tanto, considero que el esfuerzo en el desarrollo del presente trabajo cumpla y satisfaga sus expectativas. Pongo a su consideración, este documento para su respectiva evaluación y de esta manera poder obtener su aprobación.

Los Autores.

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
PRESENTACIÓN	v
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Realidad problemática	1
1.2. Trabajos Previos	5
1.3. Teorías relacionadas al tema	8
1.3.1. Cogeneración	8
1.3.1.1. Cogeneración industrial	8
1.3.1.2. Cogeneración comercial	9
1.3.2. Eficiencia energética de caldera	9
1.3.3. Balances de materia en procesos de combustión	10
1.3.3.1. Balance en combustión teórica	10
1.3.3.2. Balance en combustión real	11
1.3.3.3. Ratio de combustión	11
1.3.4. Balances energéticos	11
1.3.5. Dimensionamiento de calibres de tuberías	12
1.3.6. Sistemas eléctricos	15
1.3.6.1. Generador o alternador eléctrico	15
1.3.6.2. Transformador Trifásico	16
1.3.7. Parámetros de un sistema eléctrico	16
1.3.7.1. Potencia Aparente	16
1.3.7.2. Intensidad eléctrica	16
1.3.7.3. Resistencia eléctrica	17
1.3.7.4. Reactancia inductiva e Impedancia	17
1.3.8. Dimensionamiento del conductor eléctrico	18
3.3.10. Periodo de retorno de la inversión	19
3.3.11. Valor actual neto	20
3.3.12. Tasa interna de retorno	20
1.4 Formulación del problema	21
1.5 Justificación del estudio	21
1.6 Hipótesis	21
1.7 Objetivos	22
1.7.1. Objetivo General	22
1.7.2. Objetivos específicos	22
II. MÉTODO	23
2.1. Diseño de investigación	23
2.2. Variables, operacionalización	24
2.2.1. Variables independientes	24
2.2.2. Variables dependientes	24
2.2.3. Operacionalización	27
2.3 Población y muestra	28
2.3.1. Población	28
2.3.2. Muestra	28
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	28
2.5 Métodos de análisis de datos	28

2.6. Aspectos éticos	28
III. RESULTADOS	29
3.1 Balance de masa y energía a la planta termoeléctrica Agrolmos S.A en condiciones actuales	29
3.1.1 Balance de masa y energía en el turbogenerador a contrapresión	29
3.1.2 Balance de masa y energía en caldera acuotubular	30
3.1.3. Rendimiento eléctrico efectivo en condiciones actuales	31
3.1.4. Balance de masa y energía de las turbinas tándem	34
3.1.5. Balance en el desgasificador (tanque desaireador) en condiciones actuales	35
3.2 Determinación del flujo másico de vapor sobrecalentado requerido para producir un incremento de 3 MW de energía eléctrica	36
3.3. Balance de energía y masa en condiciones de mejora	37
3.3.1. Balance de masa y energía al caldero acuotubular: para evaluar el incremento en consumo de bagazo	37
3.3.2. Capacidad de producción de bagazo	38
3.3.4. Rendimiento eléctrico efectivo en condiciones de mejora	39
3.4. Diseño del sistema de enfriamiento para la condensación del excedente de flujo másico de vapor evacuado por el turbogenerador	42
3.4.1. Balance de masa y energía en el condensador industrial para determinar el consumo de agua de condensación	43
3.4.2. Capacidad del sistema de enfriamiento	44
3.4.3. Dimensionamiento y selección de la tubería de agua de condensación	46
3.4.4. Dimensionamiento y selección de bombas centrífugas	47
3.4.5. Dimensionamiento y selección de los motores eléctricos para el accionamiento de las bombas centrífugas	52
3.4.6. Diseño del condensador industrial	55
3.5. Dimensionar y seleccionar estructuras metálicas, soldadura, cimientos y conductores eléctricos	62
3.5.1. Estructuras metálicas	63
3.5.2. Análisis de soldadura	70
3.5.3. Dimensionamiento y selección del conductor eléctrico, desde el generador eléctrico hacia el transformador del SEIN	78
3.6. Análisis económico	82
3.6.1. Costo en ahorro de combustible (bagazo de caña)	82
3.6.2. Beneficio en costo de energía eléctrica	82
3.6.3. Costos de funcionamiento	83
3.6.4. Beneficio útil del proyecto	83
3.6.5. Inversión del proyectos	84
3.6.6. Retorno operacional de la inversión	87
3.7. Análisis financiero	87
IV. DISCUSIÓN	89
V. CONCLUSIONES	94
VI. RECOMENDACIONES	96
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
ANEXOS	101

RESUMEN

El presente estudio se fundamentó en el análisis técnico y económico para el cambio de sistema de cogeneración industrial a sistema de cogeneración comercial en la empresa Agrolmos S.A, para la cogeneración de 3000 KW de energía eléctrica y su comercialización al SEIN. La planta termoeléctrica Agrolmos S.A, produce 7500 KW consumiendo 61.45 TM/h de vapor sobrecalentado, con un consumo de bagazo de caña de 46 TM/h, con un rendimiento eléctrico efectivo del 24% insatisfactorio para la comercialización de energía eléctrica. Para la cogeneración de energía, fue necesario incrementar 24.58 TM vapor/h, conllevando a que el caldero trabaje al 95% de su carga nominal. En condiciones de mejora, se estableció que existe un ahorro en consumo de bagazo de 4.9 TM/h y que el rendimiento eléctrico efectivo es 71% siendo satisfactorio para la comercialización de energía eléctrica. Asimismo, se corroboró la capacidad de producción de bagazo, obteniendo que la planta cuenta con una capacidad de almacenamiento diaria de 1700 TM bagazo/día, pero para la comercialización de energía eléctrica el caldero consumirá 986.40 TM bagazo/día, restando un stock de 713.60 TM bagazo/día. Se diseñó el sistema de enfriamiento para condensar 24.58 TM vapor/h, utilizando 1304.02 TM/h de agua, seleccionando 2 torres de enfriamiento, modelo SR 2920/OU-1T-C70.34, con una capacidad por cada una de 2820 Ton-Torre y 720 m³/h. Para el transporte del agua de condensación se seleccionó la tubería de material ASTM A53 grado A al Si, con diámetro nominal Dn=18 pulg, SCH 40 con una longitud total de 91m. Para la recirculación del agua se seleccionaron 2 bombas hidráulicas, modelo 200-400 de 75 HP y un caudal de 182 lt/s c/u, asimismo para su accionamiento 2 motores eléctricos. El diseño del condensador se realizó de 4 etapas, con 68 tubos por cada paso, con tubos de ASTM A53 grado A al Si, con diámetro nominal Dn=2 pulg, SCH 40 con una longitud total de 1.40 m, el diámetro interior de la carcasa es 1460.50 mm, con un espesor de 31.75mm. El presente proyecto representa un beneficio útil de 1327574.00 US\$/año, inversión de 625385.77 US\$, retorno operacional de la inversión de 6 meses, tasa interna de rentabilidad de 212% y valor actual neto de US\$ 8921026.00

Palabras claves: *Cogeneración industrial, cogeneración comercial, SEIN, torre de enfriamiento, condensador industrial.*

ABSTRACT

The present study was based on the technical and economic analysis for the change of industrial cogeneration system to commercial cogeneration system in the company Agrolmos S.A, for the cogeneration of 3000 KW of electrical energy and its commercialization to the SEIN. The Agrolmos SA thermoelectric plant produces 7500 KW consuming 61,452 TM/h of superheated steam, with a bagasse consumption of 41.10 TM/h, with an effective electric efficiency of 71% satisfactory for the commercialization of electric energy with the Peruvian state. For the cogeneration of energy and to commercialize them, it was necessary to increase 24,581 TM steam/h, leading to the cauldron working at 95% of its nominal load. Under conditions of improvement, it was established that there is a saving in bagasse consumption at 4.9 MT/h. Likewise, the bagasse production capacity was corroborated, obtaining that the plant has a daily storage capacity of 1700 MT bagasse/day, but for the commercialization of electrical energy the cauldron will consume 986.40 TM bagasse/day, subtracting a stock of 713.60 TM bagasse / day. The cooling system was designed to condense 24,581 TM steam/h, using 1304.0172 TM/h of water, selecting 2 cooling towers, model Coolpack SR 2920/ OU-1T-C70.34, with a capacity for each of 2820 Ton -Torre and 720 m³/h. For the transport of the condensation water, the ASTM A53 grade A to Si material pipe was selected, with nominal diameter Dn = 18 in., SCH 40 with a total length of 91m. For the recirculation of the water, 2 hydraulic pumps were selected, model 200-400 of 75 HP and a flow rate of 182 lt/s each, also for its operation 2 electric motors, model 280 S / M. The design of the condenser was carried out in 4 stages, with 68 tubes per step, with tubes of ASTM A53 fatty A to Si, with nominal diameter Dn = 2 in, SCH 40 with a total length of 1.40 m, the inner diameter of the housing is 1460.50 mm, with a thickness of 31.75mm. This project represents a useful benefit of US \$ 1327574.00, investment of US \$ 625385.77, operational return on investment of 6 months, internal rate of return of 212% and net present value of US \$ 8921026.00

Key Words: *Industrial cogeneration, commercial cogeneration, SEIN, cooling tower, industrial condenser.*

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática:

A nivel mundial una de las acciones de medida de gestión energética en el ahorro de energía eléctrica en las industrias que utilizan el vapor como fuente primaria en sus procesos de transformación lo constituye la cogeneración de energía eléctrica para su consumo interno y para la comercialización, a partir de la cual se obtiene electricidad a un precio muy bajo en comparación a las empresas de suministro, en el que se abarata aún más en las centrales termoeléctricas de Ingenios Azucareros, ya que, en sus calderas acuotubulares utilizan como combustible el bagazo, que es el principal sub producto de la caña de azúcar, para la producción de vapor sobrecalentado (Sánchez, 2006).

Agrolmos S.A, es una empresa dedicada al cultivo de caña de azúcar, sembrada en 13500 hectáreas en los valles de Cascajal y Olmos, para su posterior proceso y producción de 1071 toneladas de azúcar (Agrolmos, 2018).

La empresa cuenta con una caldera acuotubular John Thompson, que produce 80 TM/h de vapor saturado, trabajando al 72% de su carga máxima (110 TM/h), con una presión de trabajo 42 bar y una temperatura de 400°C, cabe indicar que la caldera tiene una presión máxima de 45.50 bar y una temperatura de 405°C, con un consumo de 46 TM/h de bagazo (Planta fuerza Agrolmos, 2018).

El ingenio azucarero en la actualidad, cuenta con 1 turbogenerador Triveni, el cual produce 7500 KW de energía eléctrica con turbina a contrapresión TGM-8000, ingresando el vapor sobrecalentado a temperatura de 400°C y a una presión de 42 bar y evacuado a 142°C y 1.42 bar. Cabe indicar que el turbogenerador solo cogenera energía eléctrica para el propio consumo interno de las maquinas eléctricas de la planta termoeléctrica, solo necesitando la compra del SEIN (servicio eléctrico interconectado nacional) en paradas generales de la planta termoeléctrica, para el uso de alumbrado y para accionar maquinarias en reparación (Planta fuerza Agrolmos, 2018).

Asimismo cuenta con un transformador de potencia ABB, con una potencia aparente de operación de 9100 KVA, con una reducción de tensión de 10KV/0.44KV, en la actualidad el ingenio azucarero es un usuario libre y solo compra energía eléctrica en paradas de mantenimiento de la planta termoeléctrica, comprando energía eléctrica al Consorcio Eléctrico de Villacuri S.A.C (COELVISAC) con un suministro de 22.90 KV/0.44KV (Planta fuerza Agrolmos, 2018).

La empresa Agrolmos, con la finalidad de inyectar energía eléctrica a la red nacional, propone comercializar un excedente de 3MW a la empresa que actualmente le compra COELVISAC, a través del aumento adicional de 24.581 TM/h de vapor sobrecalentado de la caldera acuotubular y hacerla trabajar a su capacidad máxima. Por otra parte Osinergmin incentiva la cogeneración de energía eléctrica comprándola a un precio referencial de 57.60 US\$/MWh (Osinergmin, 2018).

Para cumplir tal finalidad, entre lo más relevantes es necesario:

- Aumentar el flujo másico de vapor sobrecalentado en el turbogenerador, con un incremento máximo de 24.58 TM/h para cogenerar un excedente de 3 MW.
- La implementación de un condensador industrial, debido al flujo de vapor excedente de 24.58.
- La implementación de dos torres de enfriamiento, debido a que la actual torre tiene una capacidad útil de 10800 Ton – Torre, trabajando al 74.75% de su capacidad máxima (14500 Ton –Torre).

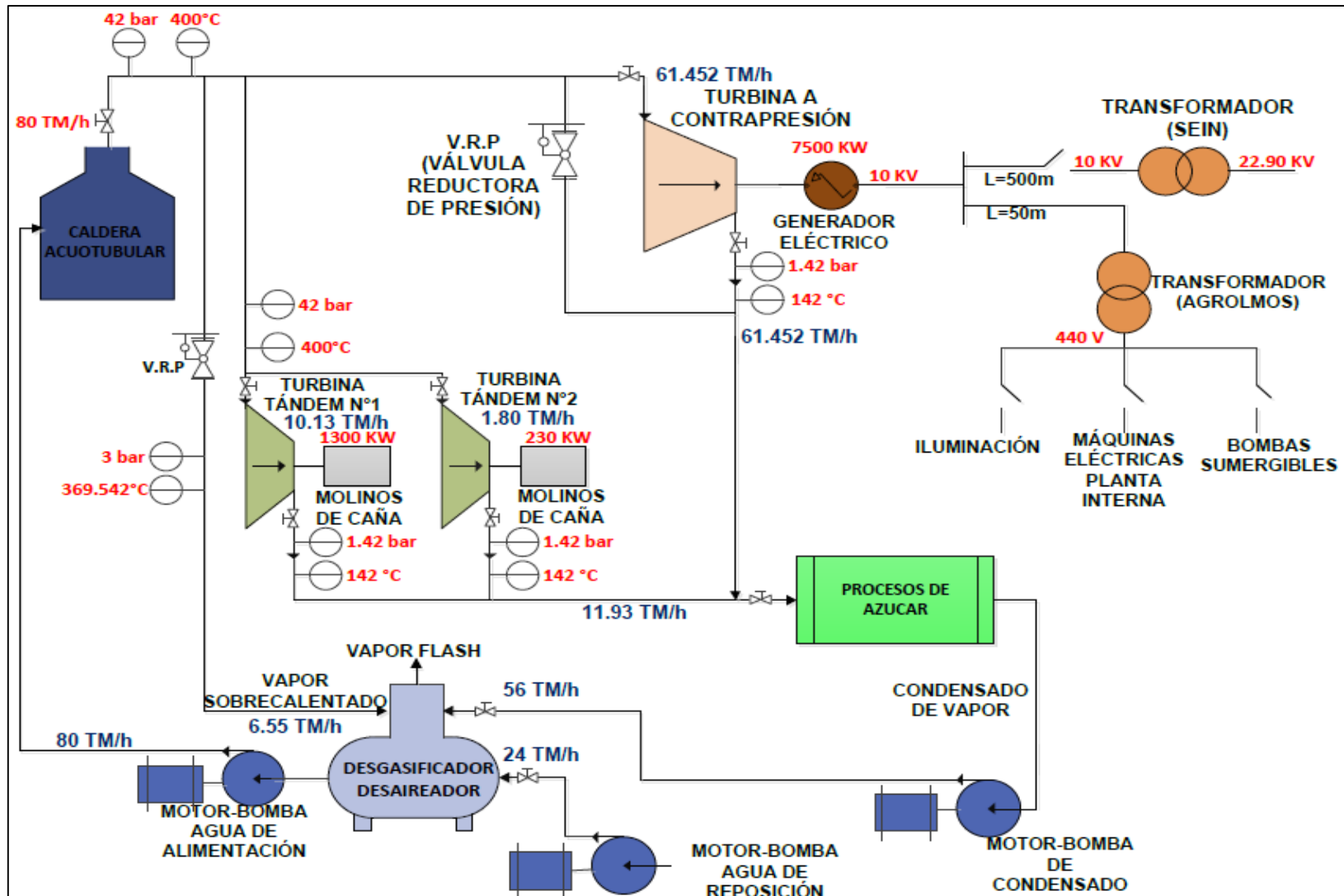


Figura 01: Estado actual de la planta termoelectrica Agrolmos S.A.
 Fuente: Empresa Agrolmos S.A, 2018.

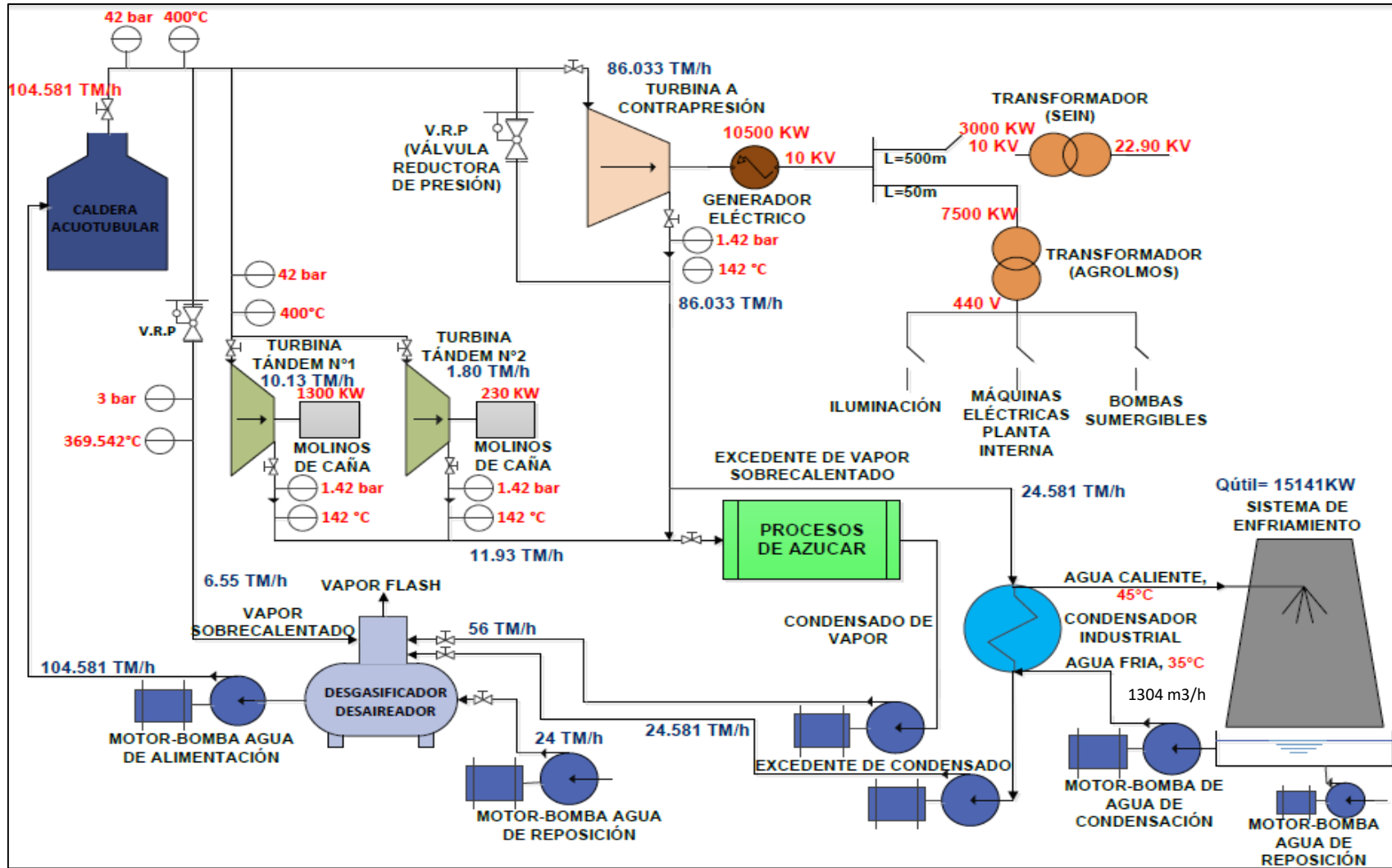


Figura 02: Estado de mejora de la planta termoeléctrica Agrolmos S.A.
 Fuente: Empresa Agrolmos S.A, 2018.

1.2. Trabajos Previos

Paredes (2010), en su trabajo de tesis titulado “Estudio de factibilidad técnica económica para el cambio de un sistema de cogeneración industrial eléctrico-térmico a un sistema de cogeneración comercial en la empresa Cartavio S.A.A.”, realizado en la Universidad Cesar Vallejo (Trujillo – Perú), Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica (EIM) para optar el grado de Ingeniero Mecánico, detalla el estudio de cogeneración de energía eléctrica para su consumo propio y para la comercialización al sistema eléctrico interconectado nacional, para tales efectos se cambió la turbina a contrapresión de 10 MW por una nueva con un rango mayor de potencia 15MW. Obteniendo 5600 KW para el consumo interno de la planta termoeléctrica y 4500 KW para la inyección del SEIN, con un total de producción de 10100 KW de energía eléctrica, aumentando la eficiencia térmica de la planta termoeléctrica en 19% consumiendo el 95% de la producción de bagazo de caña de azúcar, concluyendo que se puede comercializar al SEIN 36135 MWh/año, a un precio de venta de 60 \$/MWh según lo establecido por Osinergmin, obteniendo un beneficio total de 2168100.00 \$/año, con una inversión de \$ 1200350.00 y un retorno operacional de la inversión de 5.2 años, con un valor actual neto de \$ 2100000.00 y una tasa interna de rentabilidad de 40%.

Huertas (2014), en su trabajo de tesis titulado “Análisis técnico económico y financiero de la instalación de un sobrecalentador de vapor y una turbina a contrapresión de alta eficiencia en reemplazo de los turbogeneradores N°3 Y N°4 para aumentar la cogeneración de energía eléctrica en la empresa Agroindustrial Laredo S.A.A.”, realizada en la Universidad Cesar Vallejo (Trujillo – Perú), Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica (EIME) para optar el grado de Ingeniero Mecánico Electricista, especifica que la planta termoeléctrica Agroindustrial Laredo S.A.A, consta de dos turbogeneradores los cuales generan 3200 KW para el consumo interno, pero la planta necesita un total de 5000 KW, comprando al SEIN 1800 KW, conllevando a un gasto de 3384864.00 N.S/año en compra de energía eléctrica, por lo consiguiente la empresa pretende cogenerar en su totalidad su propia energía eléctrica e inyectar al SEIN 2000 KW a un precio de 60 \$/MWh, para ello se instaló un

sobrecalentador a GN (Gas natural) para elevar la temperatura del vapor sobrecalentado a 526.80°C a la presión de 25 bar, para obtener una entalpia de sobrecalentamiento de 3522.48 KJ/Kg, para lograr cogenerar un total de 7000 KW en el nuevo turbogenerador TMC 5000 a contrapresión reacción, con una eficiencia de 18.33%, el consumo de gas natural en el sobrecalentador es 504 Kg/h con 225 tubos ASTM-A192 de 7/8 pulgadas de diámetro nominal de cédula 20, con un diámetro de carcaza de 963 mm y longitud de 871.20 mm, concluyendo que el proyecto tiene un beneficio neto de 1007400.00 \$/año, con una inversión \$ 3324420.00, para lo cual el ROI es 3.3 años, con un VAN \$ 1900100.00 y un TIR de 48%.

Cruz, (2013), en su trabajo de investigación titulado “Factibilidad técnico económica del cambio de las turbinas a vapor por motores eléctricos en la molienda de caña para mejorar la cogeneración de energía en la empresa Laredo S.A.A.”, realizada en la Universidad Cesar Vallejo (Trujillo – Perú), Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica (EIM) para optar el grado de Ingeniero Mecánico, explicó que actualmente los 2 turbogeneradores generan 3153.90 KW de energía eléctrica los cuales operan con vapor sobrecalentado de entrada de 25 bar y 360°C y vapor de escape a 1.5 bar y 185°C, pero con la implementación de 2 turbogeneradores nuevos con vapor de entrada a 40 bar y 425°C y vapor de escape de 1.5 bar y 185°C, se puede cogenerar un excedente de 2780.06 KW para ser inyectado a la red del SEIN, concluyendo que el proyecto demandará de una inversión de \$ 1920720.00 logrando un beneficio de 748515.00 \$/año, con un periodo de retorno de la inversión de 2 años y 7 meses, el análisis financiero determinó un VAN \$ 2676785.00 y TIR de 39 %.

Díaz & Ordinola, (2016), en su trabajo de investigación titulado “Influencia en la instalación del turbo generador de 21,7 MW en la repotenciación de la central de cogeneración de agroindustrias San Jacinto S.A.A.” realizada en la Universidad Nacional Del Santa (Nuevo Chimbote - Perú), Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería En Energía (EIEE) para optar el grado de Ingeniero En Energía, explica que actualmente la planta termoeléctrica compra 3000 KW a la empresa

Hidrandina, pero pretende analizar la instalación de un turbogenerador a contrapresión con una capacidad nominal de 21700 KW, para cogenerar su propia energía eléctrica y comercializar al sistema eléctrico interconectado nacional, mediante el reglamento de Cogeneración del Perú N° 037/2006 que compra a las empresas en fase de cogeneración a un precio 60 \$/MWh. Concluyendo que la planta termoeléctrica según la carga de la caldera acuotubular de 115280 Kg/h a 41 bar absolutos y 450°C, producirá 18.44 MW, de los cuales inyectara al SEIN 15.44 MW, obteniendo un beneficio útil de 1699355.520 \$/año, una inversión 9422926.358 y un periodo de retorno de la inversión de 5.545 años. El análisis financiero determino que el valor actual neto es 5205576.73, con una tasa interna de rentabilidad de 17.30%.

Aguilar, (2010), en su trabajo de investigación titulado “Factibilidad técnico económica del cambio de turbina de vapor por motor eléctrico con variador de velocidad para el accionamiento de molinos de cañas en la empresa Casa Grande S.A.A.” realizada en la Universidad Nacional De Ingeniería (Lima - Perú), Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica (EIM), realizó un balance de materia y energía a la planta termoeléctrica, determinando que se puede obtener un excedente de energía de 2020 KW e inyectarlos al SEIN, con un precio de compra por parte de Osinergmin de 60 \$/MWh, obteniendo un beneficio neto de 1061712.00 \$/año, concluyendo que el proyecto es rentable desde el punto financiero con un valor actual neto de \$ 1943879.07, tasa interna de retorno de 47% y retorno operacional de la inversión inicial de 1.82 años.

Cueva, (2009), en su trabajo de tesis titulado “Análisis Técnico-Económico del cambio de turbinas de vapor por motores eléctricos en tándem de molinos del Ingenio La Troncal”, realizada en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (Guayaquil - Ecuador), Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Eléctrica Industrial y Automatización (EIIA) para optar el grado de Ingeniero Electrónico Industrial y Automatización, explica el beneficio económico que se obtienen al realizar los cambios de turbinas de vapor de potencia a contrapresión en reemplazo de motores eléctricos trifásicos de inducción para el accionamiento de molinos y picadoras de caña de azúcar, logrando de esta manera inyectar un

excedente de energía eléctrica al Ministro de Electricidad y Energía Renovable, el cual impulsa a los ingenios azucareros a la cogeneración de energía eléctrica a un precio de 10.23 Ctv/KWh. Para ello el ingenio azucarero pretende aumentar su producción de energía eléctrica de 9800 KW a 14600 KW, con un excedente de 4800 KW para la comercialización, concluyendo que el proyecto conlleva a un beneficio económico neto de 124596.48 \$/año y una inversión en activos fijos de \$ 3061654.70, asimismo el análisis de sensibilidad financiero determino un valor actual neto de \$1383980.13 con un tasa interna de rentabilidad de 26.08 %.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Cogeneración:

La cogeneración es el proceso en cual en paralelo se obtiene calor útil (vapor de agua) y energía eléctrica desde una misma fuente primaria de combustible (Lostanau, 2006).

Para la comercialización de energía eléctrica, el Estado Peruano mediante Decreto Supremo N°082-2007 “Reglamento de Cogeneración”, exige un mínimo valor de Rendimiento Eléctrico Efectivo (REE), según la tecnología de producción de energía eléctrica utilizada.

El REE se calculará de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$REE = \frac{E}{Q - \frac{V}{0.9}} \quad (1)$$

Dónde:

- E: Energía eléctrica generada medida en bornes de generador, expresada en MWh.
- Q: Energía suministrada por el combustible utilizado, calculada en MWh y con base a su poder calorífico inferior.
- V: Calor útil a procesos/condensador, expresado en MWh

1.3.1.1. Cogeneración industrial: Es el proceso mediante el cual se obtiene calor útil proveniente del vapor sobrecalentado del caldero y la producción de energía eléctrica necesaria para el consumo interno de la planta termoeléctrica (Lostanau, 2006).

1.3.1.2. Cogeneración comercial: Es el proceso en el cual se posee generación de calor útil, potencia eléctrica para consumo interno y excedentes de energía para la distribución al servicio eléctrico interconectado nacional (Lostaunau, 2006).

1.3.2. Eficiencia energética de caldera:

Es el porcentaje de calor total en combustión utilizado en el proceso de transformación del agua en estado líquido a estado de vapor sobrecalentado, traducido calor útil de generación de vapor (Donald, 2001).

$$\eta_{cd} = \frac{\dot{m}_{vs} * (H_{vs} - H_a)}{\dot{Q}_T} * 100 \quad (2)$$

Parámetros:

- η_{cd} : Eficiencia energética del caldero acuatubular (%)
- \dot{Q}_T : Potencia total de los reactantes (aire + combustible) (KW).
- \dot{m}_{vs} : Flujo másico del vapor sobrecalentado $\left(\frac{Kg}{seg}\right)$.
- H_{vs} : Entalpia específica del vapor evacuado por el caldero $\left(\frac{KJ}{Kg}\right)$.
- H_a : Entalpia específica del agua de ingreso a la caldera $\left(\frac{KJ}{Kg}\right)$.

Donde, el **calor total** es la sumatoria de la potencia térmica del aire y la potencia térmica del combustible (Donald, 2001).

$$\dot{Q}_T = \dot{m}_{CB} * (PCI + H_{CB}) + (\dot{m}_{ai} * H_{ai}) \quad (3)$$

Parámetros:

- \dot{Q}_T : Potencia térmica total de combustión (KW)
- \dot{m}_{CB} : Flujo másico de combustible $\left(\frac{Kg}{seg}\right)$
- H_{CB} : Entalpia específica del combustible $\left(\frac{KJ}{Kg^{\circ}C}\right)$
- PCI: Entalpia específica del combustible o poder calorífico inferior $\left(\frac{KJ}{Kg}\right)$
- \dot{m}_{ai} : Flujo másico de aire de ingreso al hogar del caldero $\left(\frac{Kg}{seg}\right)$

- H_{ai} : Entalpia específica del aire $\left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}\right)$

Asimismo, el **poder calorífico inferior** de un combustible líquido o sólido, depende enteramente sus participaciones o concentraciones másicas de carbono, azufre, hidrogeno, oxígeno y agua (Donald, 2001).

$$PCI = \left[33\,900 * g_c + 9720 * g_s + 120120 * \left(g_h - \frac{g_o}{8} \right) - 2510 * g_w \right] \quad (4)$$

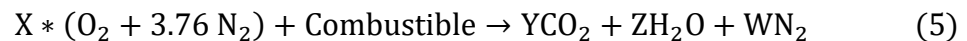
Parámetros:

- PCI: Entalpia específica del combustible o poder calorífico inferior $\left(\frac{\text{KJ}}{\text{kg}}\right)$
- g_c : Participación másica del carbono en el combustible
- g_s : Participación másica del azufre en el combustible
- g_h : Participación másica del hidrogeno en el combustible
- g_o : Participación másica del oxígeno en el combustible
- g_w : Participación másica del agua en el combustible

1.3.3. Balances de materia en procesos de combustión:

La finalidad de un balance de combustión es la determinar el exceso de aire y la relación aire/combustible (ratio), que son los que definen el gasto de combustible de una caldera y su impacto ambiental (Broatch, 2010).

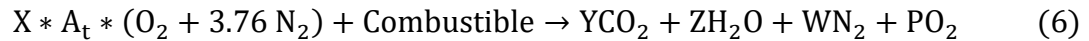
1.3.3.1. Balance en combustión teórica: Es la mezcla de reacción de las sustancias aire y combustible, con la cantidad de oxigeno suficiente para producir la oxidación del dióxido de carbono, agua y nitrógeno (Broatch, 2010).



Parámetros:

- X: Contenido de número de moles en el oxígeno $\left(\frac{\text{Kg}}{\text{Kmol}}\right)$
- Y: Contenido de número de moles en el dióxido de carbono $\left(\frac{\text{Kg}}{\text{Kmol}}\right)$
- Z: Contenido de número de moles en el agua $\left(\frac{\text{Kg}}{\text{Kmol}}\right)$
- W: Contenido de número de moles en el nitrógeno $\left(\frac{\text{Kg}}{\text{Kmol}}\right)$

1.3.3.2. Balance en combustión real: Es la mezcla de reacción de las sustancias aire y combustible (reactantes), con una cantidad de oxígeno libre en los productos de combustión (Broatch, 2010).



Parámetros:

- A_t : Fracción del contenido de aire teórico
- X : Contenido de número de moles en el oxígeno (Kmol)
- Y : Contenido de número de moles en el dióxido de carbono (Kmol)
- Z : Contenido de número de moles en el agua (Kmol)
- W : Contenido de número de moles en el nitrógeno (Kmol)
- P : Contenido de número de moles del oxígeno en los productos (Kmol)

1.3.3.3. Ratio de combustión: Es la cantidad de aire o comburente necesaria para que se logre quemar un 1 Kilogramo de combustible (Kenneth, 2001).

$$R_{a/c} = \frac{X * A_t * (M_{O_2} + 3.76 M_{N_2})}{m_{CB}} \quad (7)$$

Parámetros:

- $R_{(a/c)}$: Relación aire/combustible $\left(\frac{Kg_{aire}}{Kg_{cble}}\right)$
- A_t : Fracción de aire teórico
- m_{CB} : Cantidad de masa de combustible (Kg)
- M_{O_2} : Masa molar del oxígeno $\left(\frac{Kg}{Kmol}\right)$
- M_{N_2} : Masa molar del nitrógeno (Kg/Kmol).

1.3.4. Balances energéticos:

Los balances energéticos para sistemas termodinámicos abiertos y cerrados, se fundamentan en dos leyes: la conservación de la masa y la conservación de la energía. **La conservación de la masa** se basa en que la materia de ingreso de

una determina sustancia a un sistema es la misma a la salida de dicho sistema, ya que solo se transforma (cambio de estado) (Martínez, 2010).

$$\sum \dot{m}_{is} = \sum \dot{m}_{ss} \quad (8)$$

Parámetros:

- \dot{m}_{is} : Cantidad de flujo al ingreso del sistema de una determinada sustancia $\left(\frac{\text{Kg}}{\text{s}}\right)$
- \dot{m}_{ss} : Cantidad de flujo a la salida del sistema de una determinada sustancia $\left(\frac{\text{Kg}}{\text{s}}\right)$

Asimismo, la conservación de la energía se fundamenta en que la energía específica de una sustancia de ingreso a un sistema, puede variar a la salida del mismo sistema, dependiendo de la masa (Shapiro, 2005).

$$\sum \dot{m}_{is} * H_{is} = \sum \dot{m}_{ss} * H_{ss} \quad (9)$$

Parámetros:

- \dot{m}_{is} : Cantidad de flujo de ingreso al sistema $\left(\frac{\text{Kg}}{\text{s}}\right)$
- H_{is} : Energía específica de ingreso al sistema $\left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}\right)$
- \dot{m}_{ss} : Cantidad de flujo de salida del sistema $\left(\frac{\text{Kg}}{\text{s}}\right)$
- H_{ss} : Energía específica de salida del sistema $\left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}\right)$

1.3.5. Dimensionamiento de calibres de tuberías:

El correcto dimensionamiento de una tubería de vapor, nos permite eliminar las posibles caídas de presión en el sistema, permitiendo que el flujo de vapor se distribuya en forma constante y a una velocidad promedio, (Cengel, 2007).

El dimensionamiento de una tubería, sigue el siguiente procedimiento:

$$\dot{m}_v = \rho_v * V_v * A \quad (10)$$

Parámetros:

- \dot{m}_v : Flujo másico de vapor de circulación por la tubería $\left(\frac{\text{Kg}}{\text{s}}\right)$

- V_v : Velocidad del vapor (m/s)
- A: Área transversal de la tubería (m²)

$$A = \frac{\pi * d_i^2}{4} \quad (11)$$

- d_i : Calibre interior de la tubería [m]

$$d_i = \sqrt{\frac{4 * S}{\pi}} \quad (12)$$

Evaluación del número de cedula:

$$SCH = \frac{P * 1000 * fs}{\sigma} \quad (13)$$

Parámetros:

- P: Presión del vapor en la tubería (bar)
- σ : Esfuerzo axial admisible del material (bar)
- fs: Factor de servicio

1.3.6. Aislamiento térmico industrial:

El aislamiento térmico industrial, se fundamenta en la reducción del calor hacia el medio ambiente de las tuberías de transporte de vapor sobrecalentado, mediante el correcto espesor de aislamiento térmico ya sea con lana mineral de roca o fibra de vidrio, (Beltrán, 2008).

Metodología de cálculo del aislamiento térmico:

La superficie exterior de la tubería de vapor:

$$S_e = \pi * D_{ext} * L \quad (14)$$

Parámetros:

- S_e : Superficie exterior de la tubería de vapor (m²)
- D_{ext} : Diámetro del exterior [m]
- L: Dimensión de longitud de la tubería de vapor (m)

El calor que se pierde sin aislante:

$$Q_{s,a} = S_e * h_o * (T_p - T_0) \quad (15)$$

Parámetros:

- $Q_{s,a}$: Potencia térmica sin aislante (W)
- S_e : Superficie exterior (m^2)
- h_o : Coeficiente de convección pared externa – medio ($\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$)
- T_p : Temperatura de la pared exterior sin aislante ($^\circ C$)
- T_0 : Temperatura del medio atmosférico ($^\circ C$)

El calor con la aplicación del aislante:

$$Q_{c,a} = Q_{s,a} * (1 - \eta_{aisl}) \quad (16)$$

Parámetros:

- $Q_{c,a}$: Potencia térmica con aislante (W)
- $Q_{s,a}$: Potencia térmica sin aislante (W)
- η_{aisl} : Rendimiento del aislante térmico.

Diámetro exterior con el aislante:

$$D_{e,a} = D_{ext} * e^{\frac{2\pi * K_a * L * (T_p - T_0)}{Q_{c,a}}} \quad (17)$$

Parámetros:

- $D_{e,a}$: Diámetro exterior del aislante [m]
- K_a : Conductividad térmica del aislante ($\frac{W}{m \cdot ^\circ C}$)
- L : Longitud [m]
- T_p : Temperatura de la pared exterior con aislante ($^\circ C$)
- T_0 : Temperatura del medio atmosférico ($^\circ C$)
- D_{ext} : Diámetro del exterior (m)
- $Q_{c,a}$: Potencia térmica con aislante (W)

Espesor requerido del aislante térmico:

$$\delta_a = \frac{D_{e,a} - D_{ext}}{2} \quad (18)$$

Parámetros:

- δ_a : Espesor del aislante térmico (m)
- $D_{e,a}$: Diámetro exterior del aislante (m)
- D_{ext} : Diámetro del exterior (m)

1.3.7. Sistemas eléctricos:

1.3.7.1. Generador o alternador eléctrico: Es el encargado de convertir la energía mecánica de la turbina en energía eléctrica, a través la operación de un campo magnético entre el estator y rotor (Harper, 2004).

Potencia de un turbogenerador:

$$P_{ge} = P_m * \eta_m * \eta_{ge} \quad (19)$$

Parámetros:

- P_{ge} : Potencia de bornes [KW]
- P_m : Potencia mecánica [KW]
- η_m : Perdida de eficiencia mecánica [%]
- η_{ge} : Pérdida en líneas del generador eléctrico [%]

- Eficiencia energética de un turbogenerador

$$\eta_{tg} = \frac{P_{ge}}{\dot{Q}_{fc}} \quad (20)$$

Parámetros:

- η_{tg} : Rendimiento energético del turbogenerador [%]
- \dot{Q}_{fc} : Calor de la fuente caliente de la turbina [KW]
- P_{ge} : Potencia del generador eléctrico [KW]

1.3.7.2. Transformador Trifásico: Es el dispositivo eléctrico que se encarga de incrementar o disminuir la tensión de las líneas eléctricas, mediante el fenómeno del proceso de la inducción electromagnética (Zubicaray, 2010).

La potencia eléctrica de salida de un transformador, se calcula:

$$P_{tf} = P_m * \eta_m * \eta_{G.E} * \eta_{trafo} \quad (21)$$

Parámetros:

- P_m : Potencia del eje de la turbina o potencia útil. [KW]
- P_{tf} : Potencia eléctrica evacuada por el transformador [KW]
- η_m : Pérdida de eficiencia mecánica [%]
- η_{ge} : Pérdida en líneas del generador eléctrico [%]
- η_{ge} : Pérdidas internas en el transformador [%]

1.3.8. Parámetros de un sistema eléctrico:

1.3.8.1. Potencia Aparente: Es la potencia máxima en un sistema eléctrico, depende directamente del factor de potencia (Charles, 2006).

$$S_n = \frac{P_{tf} * F_s}{\cos\varphi} \quad (22)$$

Parámetros:

- S_n : Potencia máxima aparente del transformador [KVA]
- P_{tf} : Potencia de salida del transformador [KW]
- FS: Factor de seguridad
- $\cos\varphi$: Factor de potencia

1.3.8.2. Intensidad eléctrica: Es el movimiento del flujo de corriente en un determinado periodo o intervalo de tiempo (Charles, 2006).

Intensidad eléctrica nominal:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n} \quad (23)$$

Parámetros:

- I_n : Intensidad de flujo nominal (A)
- S_n : Potencia máxima aparente del transformador (KVA)
- U_n : Tensión de salida nominal (KV)

Corriente de diseño:

$$I_d = \frac{I_n}{C_a * C_b * C_c} \quad (24)$$

Parámetros:

- I_d : Intensidad de flujo de diseño [A]
- I_n : Intensidad de flujo nominal [A]
- C_a : Coeficiente de corrección por temperatura
- C_b : Coeficiente de corrección de resistencias térmicas de terreno
- C_c : Coeficiente de corrección de profundidad de enterramiento del cable

1.3.8.3. Resistencia eléctrica: Es el paralelismo de impedimento que tienen los electrones para movilizarse mediante un conductor o cable eléctrico (Charles, 2006).

$$R_{cd} = \frac{\rho * L}{S} \quad (25)$$

Parámetros:

- R_{cd} : Resistencia eléctrica de un conductor [Ω]
- ρ : Resistividad del material del conductor [$\Omega * mm^2/m$]
- L : Dimensión de longitud del conductor [m]
- S : área transversal del conductor [mm^2]

1.3.8.4. Reactancia inductiva e Impedancia: La reactancia es la oposición ofrecida a la circulación de la corriente y la impedancia se encarga de la acumulación y eliminación de la inducción magnética (Harper, 2004).

La resistencia, inductancia e impedancia, se relacionan mediante la siguiente fórmula:

$$Z = \sqrt{R_{t2}^2 + X_L^2} \quad (26)$$

Parámetros:

- Z: Impedancia [Ω]
- R_{t2} : Resistencia eléctrica [Ω]
- X_L : Reactancia [Ω]

Asimismo el factor de potencia:

$$\cos\varphi = \frac{R_{t2}}{Z} \quad (27)$$

1.3.9. Dimensionamiento del conductor eléctrico:

Para dimensionar un calibre eléctrico, se debe obtener la capacidad eléctrica, la caída de tensión y sección por corto circuito (Harper, 2004).

Verificación por capacidad de corriente eléctrica:

$$I_{\max} > I_d \quad (28)$$

Verificación por variación o caída de tensión en el conductor:

$$\Delta U_{cd} < \Delta U_{adm} \quad (29)$$

Parámetros:

ΔU_{cd} : Variación de voltaje en el cable eléctrico [V]

$$\Delta U_{cd} = 1.732 * I_d * L * (R_{t2} * \cos\varphi + X_L * \sen\varphi) \quad (30)$$

Parámetros:

- I_d : Corriente del Diseño [A]
- L : Longitud del Conductor [m]
- X_L : Reactancia [Ω]
- Φ : Angulo de fase [rad]
- $\text{Cos}\varphi$: Factor de Potencia

ΔU_{\max} : Variación de tensión máxima (V) (CNE, 2000)

$$\Delta U_{\text{máx}} \approx (3.5 - 5)\% * U_n \quad (31)$$

Verificación por sección de corto circuito:

$$S_{\text{CC}} < S \quad (32)$$

– S_{CC} : Área del conductor en corto circuito (mm^2)

$$S_{\text{CC}} = \frac{I_{\text{CC}}}{13 * \left(\frac{\Delta\epsilon}{t}\right)^{0.5}} \quad (33)$$

Parámetros:

- $\Delta\epsilon$: Aumento de la temperatura en presencia de corto circuito [$^{\circ}\text{C}$]
- t : Periodo de corto circuito [s]
- I_{CC} : Intensidad en corto circuito [A]

$$I_{\text{CC}} = \frac{P_{\text{CC}}}{\sqrt{3} * U_n} \quad (34)$$

Parámetros:

- P_{CC} : Potencia en presencia de corto circuito [W]
- U_n : Tensión máxima [V]

3.3.10. Periodo de retorno de la inversión:

Es la recuperación inicial de la inversión de los activos fijos, según un beneficio económico constante en el tiempo (Mankiw, 2012).

$$\text{PRI} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Beneficio útil}} \quad (35)$$

Parámetros:

- PRI: Retorno de retorno de la inversión [años]
- I: Inversión en activos fijos [\$]
- B: Utilidad del proyecto [\$/año]

3.3.11. Valor actual neto:

Es una herramienta financiera de tasación de cambios, es decir es la diferencia entre el valor inicial o actualizado y los pagos fundados en una inversión de un proyecto, para saber cuánto se va a ganar o perder (Mankiw, 2012).

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (36)$$

Parámetros:

- VPN : Valor presente neto [S/.]
- F_t : Periodos de flujo [S/.]
- r: Tasa de Interés [%]
- t: Cantidad de periodos [años]
- I_0 : Inversión inicial de los activos fijos [S/.]

3.3.12. Tasa interna de retorno:

Es la tasa efectiva anual o tasa de descuento que hace que los valores actuales netos de todos los flujos de efectivo de una explícita inversión sean similar a cero, (Mankiw, 2012).

$$\sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0 \quad (37)$$

Parámetros:

- TIR: Tasa interna de retorno [%]
- F_t : Periodos de flujo [S/.]
- r: Tasa de Interés [%]
- t: Cantidad de periodos [años]
- I_0 : Inversión inicial de los activos fijos [S/.]

1.4 Formulación del problema

¿Es viable mediante el análisis técnico y económico el cambio de sistema de cogeneración industrial a sistema de cogeneración comercial en la empresa Agrolmos S.A, para inyectar energía eléctrica al SEIN?

1.5 Justificación del estudio

Relevancia económica: El análisis técnico y económico de cambio de sistema de cogeneración industrial a sistema de cogeneración comercial, permitirá a la empresa Agrolmos, obtener ingresos económicos debido a la venta de energía eléctrica al SEIN.

Relevancia social: La cogeneración de energía eléctrica, trae consigo un beneficio social a las poblaciones más vulnerables a poder tener acceso a la electricidad como un derecho, ya que si la carga del SEIN aumenta puede abastecer a poblaciones alejadas.

Relevancia ambiental: Disminuyendo el nivel de contaminación de los gases quemados cumpliendo con las normas de impacto medio ambiental, para una mejor calidad de vida para habitantes que rodeen esta empresa usando un combustible residual como el bagazo de caña.

Relevancia institucional: El estudio de implementación de nuevas tecnologías térmicas hace que estudiantes de la Universidad Cesar Vallejo aprenda y extiendan su conocimiento en la Institución.

1.6 Hipótesis

El análisis técnico y económico para el cambio de sistema de cogeneración industrial a sistema de cogeneración comercial en la empresa Agrolmos S.A, permitirá inyectar energía eléctrica al SEIN.

1.7 Objetivos

1.7.1. Objetivo General:

Determinar la viabilidad técnica y económica para el cambio de sistema de cogeneración industrial a sistema de cogeneración comercial en la empresa Agrolmos S.A, para inyectar energía eléctrica al SEIN

1.7.2. Objetivos específicos:

1. Realizar un balance de masa y energía a la planta termoeléctrica Agrolmos S.A en condiciones actuales, para determinar consumos de vapor de los principales equipos, consumo de combustible del caldero y rendimiento eléctrico efectivo para la comercialización de energía eléctrica.
2. Determinar el flujo másico de vapor sobrecalentado requerido para producir un excedente de 3 MW de energía eléctrica.
3. Realizar un balance de masa y energía en condiciones de mejora, determinando: consumo de bagazo, capacidad de bagazo en almacén y rendimiento eléctrico efectivo para la comercialización de energía eléctrica.
4. Diseñar el sistema de enfriamiento para la condensación del excedente de flujo másico de vapor evacuado por el turbogenerador.
5. Dimensionar y seleccionar estructuras metálicas, soldadura, cimientos y conductores eléctricos.
6. Realizar un análisis económico para evaluar el beneficio útil, inversión en activos fijos y retorno operacional de la inversión del estudio.
7. Evaluar mediante las herramientas financieras el VAN y TIR.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación: Pre-experimental

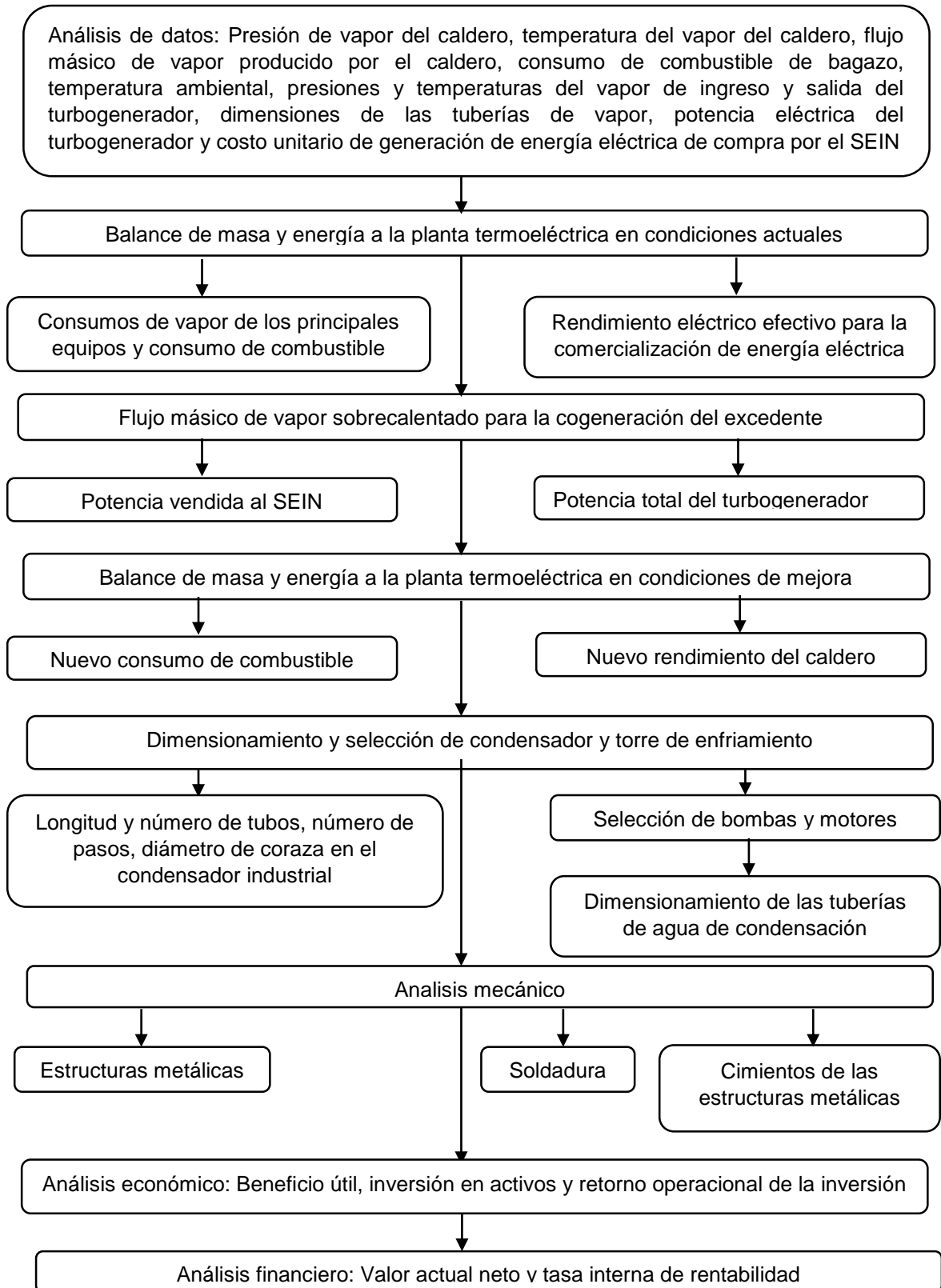


Figura 03: Procedimiento del diseño pre-experimental del estudio

2.2. Variables, Operacionalización:

2.2.1. Variables independientes:

– Cambio de sistema de cogeneración industrial a sistema de cogeneración comercial

- Flujo másico de combustible $\left[\frac{\text{Kg}}{\text{h}}\right]$
- Poder calorífico inferior $\left[\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}\right]$
- Rendimiento energético del caldero [%]

2.2.2. Variables dependientes:

– Inyectar energía eléctrica al SEIN

- Potencia eléctrica al SEIN [KW]
- Rendimiento eléctrico efectivo [%]
- Beneficio económico [S./año]

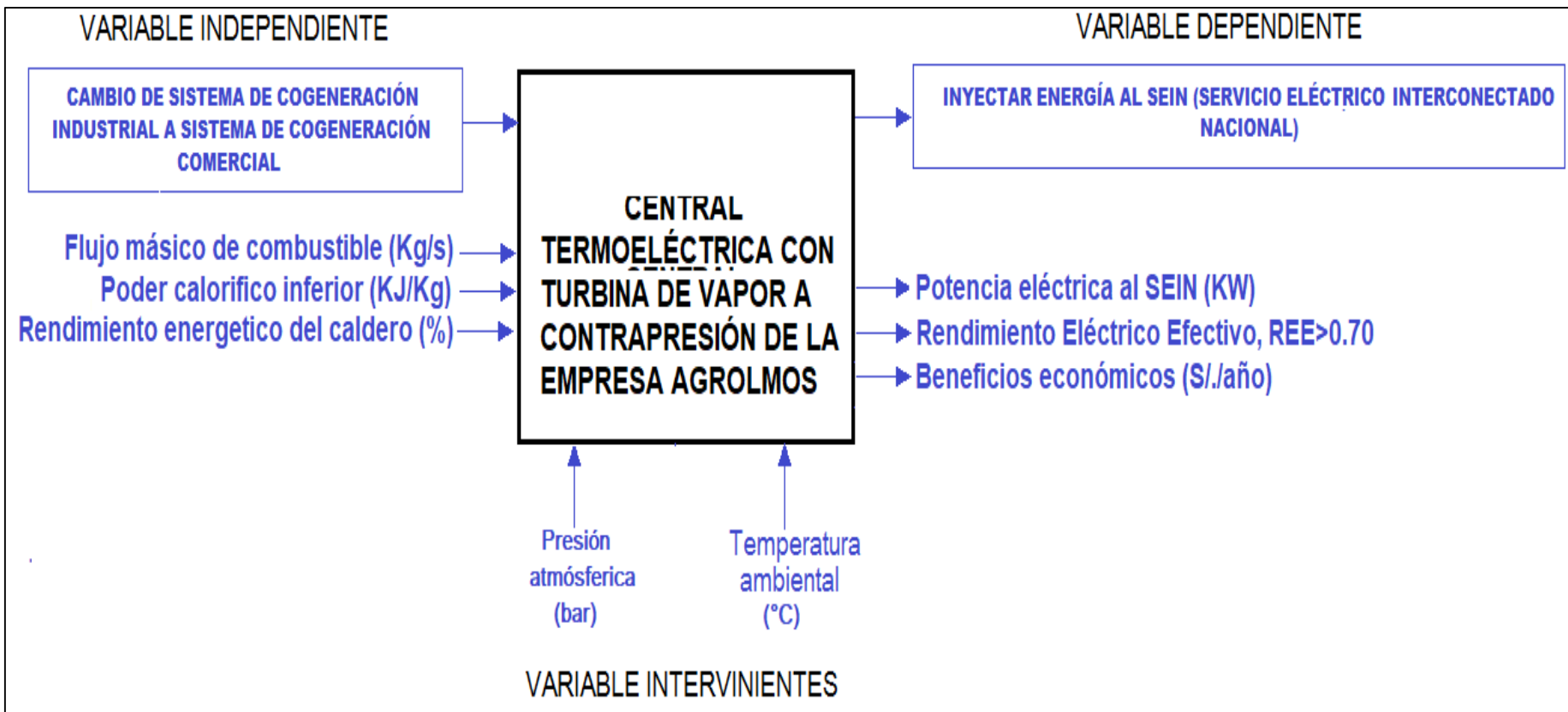


Figura 04: Variables de estudio del proyecto

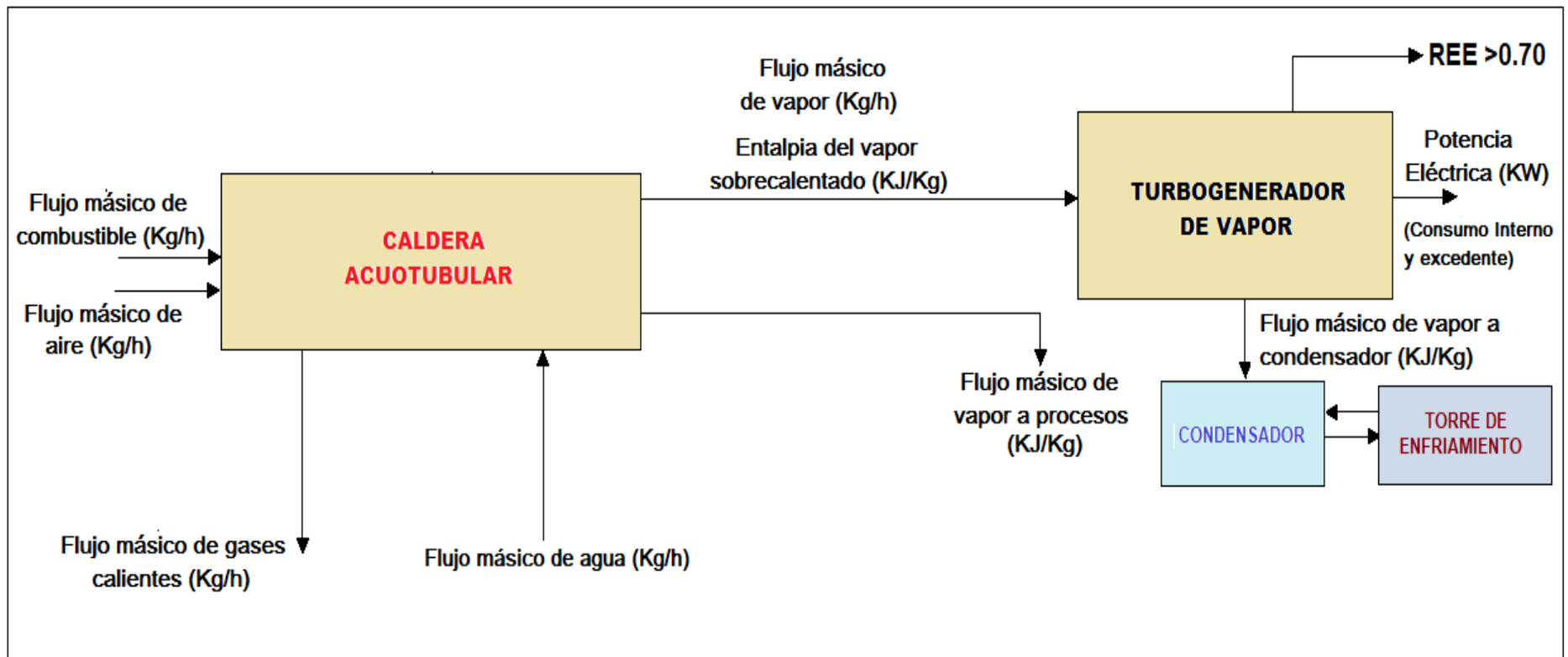


Figura 05: Diagrama de flujo de las variables independientes y dependientes

2.2.3. Operacionalización

Tabla 01: Operacionalización de las variables del proyecto

Variables	Indicadores	Definición conceptual	Definición operacional	Escala de medición
Variable Independiente				
Cambio de sistema de cogeneración industrial a sistema de cogeneración comercial	Flujo másico de combustible	Es el consumo de bagazo de la caldera para la producción de vapor sobrecalentado.	Es el consumo horario de combustible, determinado de un análisis de masa y energía en el hogar	Cuantitativa (Kg/h)
	Poder calorífico inferior	Es la energía por unidad de masa del bagazo de caña de azúcar y depende directamente de la húmeda, el cual es consumido como combustible en el caldero.	Valor que depende directamente del contenido de agua en el bagazo de caña de azúcar, determinado mediante un análisis documental.	Cuantitativa (KJ/Kg)
	Rendimiento energético del caldero	Es la carga útil del caldero respecto al total aportado por el combustible (bagazo de caña de azúcar).	Es el rendimiento indirecto del caldero, determinado de un análisis de masa y energía en el hogar y de un análisis documental.	Cuantitativa (%)
Variable Dependiente				
Inyectar energía eléctrica al SEIN	Potencia eléctrica	Es la máxima potencia eléctrica producida por la turbina, consumida por la planta termoeléctrica e inyectada al SEIN.	Se evalúa mediante un análisis energético de masa y energía al turbogenerador.	Cuantitativa (KW)
	Rendimiento eléctrico efectivo	Es la eficiencia eléctrica de la planta, que depende, según el tipo de tecnología o combustible para cogenerar energía eléctrica	Valor expresado en tablas del Reglamento de cogeneración, según Normas Técnicas Peruanas.	Cuantitativa (%)
	Beneficio económico	Es la utilidad máxima adquirida por la venta de energía eléctrica al SEIN.	Se evalúa mediante un análisis económico, basado en la cantidad de energía eléctrica vendida al SEIN.	Cuantitativa (S./año)

2.3 Población y muestra

2.3.1. **Población:** Ingenios Azucareros

2.3.2. **Muestra:** Ingenio Azucarero Agrolmos S.A

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 02: Técnicas e instrumentos del proyecto

Técnica	Instrumento
Análisis documental	Ficha de registro

2.5 Métodos de análisis de datos

Para procesar la información del análisis documental, mediante fichas de registros se realizara a través el programa estadístico Excel mediante hojas de cálculo, diagramas de barras, cálculo del VAN y TIR, que nos permitirá determinar los diferentes resultados de los objetivos específicos, permitiendo comparar el estado actual con la mejora del proyecto planteado.

2.6. Aspectos éticos

El investigador de la presente tesis, es consciente del bien económico (propiedad intelectual de la empresa), por lo que implica a amparar la originalidad y viabilidad de los datos recolectados y de solo adquirir los necesarios para el estudio, como también a proteger la identidad de los personas de la planta fuerza de la empresa Agrolmos S.A.

III. RESULTADOS

3.1 BALANCE DE MASA Y ENERGÍA A LA PLANTA TERMoeLECTRICA AGROLMOS S.A EN CONDICIONES ACTUALES:

3.1.1 BALANCE DE MASA Y ENERGÍA EN EL TURBOGENERADOR A CONTRAPRESIÓN:

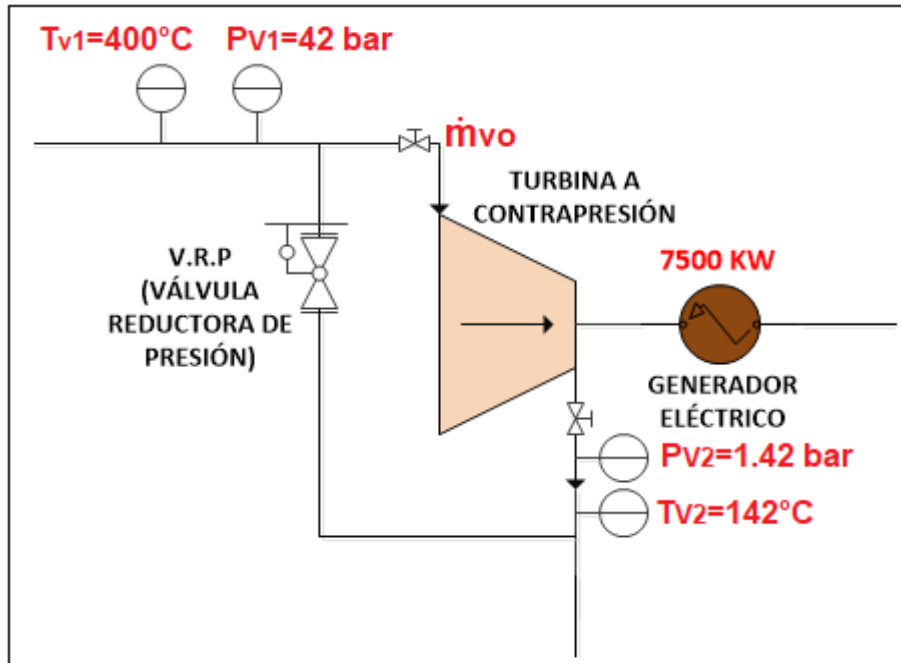


Figura 06: Condiciones de operación actuales del turbogenerador.
Fuente: Empresa Agrolmos S.A, 2018.

Potencia mecánica:

$$P_m * \eta_m * \eta_{GE} = P_{GE}$$

$$P_m * 0.97 * 0.98 = 7500 \text{ KW}$$

$$P_m = 7889.754 \text{ KW}$$

Flujo másico de vapor sobrecalentado consumido actualmente en el turbogenerador:

$$P_m = \dot{m}_{V0} * (h_{V1} - h_{V2})$$

Datos:

- $P_{V1} = 43 \text{ bar abs.} \Rightarrow T_{V1} = 400^\circ\text{C} \Rightarrow h_{V1} = 3210.5 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$
- $P_{V2} = 2.42 \text{ bar abs.} \Rightarrow T_{V2} = 142^\circ\text{C} \Rightarrow h_{V2} = 2748.3 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$
- $P_m = 7889.754 \text{ KW}$

Reemplazando

$$7889.754 \text{ KW} = \dot{m}_{V_0} * (3210.5 - 2748.3) \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$\dot{m}_{V_0} = 17.07 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} = 61.452 \frac{\text{TM}}{\text{h}}$$

Rendimiento del turbogenerador:

$$\eta_{\text{TG}} = \frac{P_{\text{GE}}}{\dot{m}_{V_0} * h_{V_1}} * 100\%$$

$$\eta_{\text{TG}} = \frac{7500 \text{ KW}}{17.07 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} * 3210.5 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}} * 100\%$$

$$\eta_{\text{TG}} = 13.7\%$$

Consumo específico del turbogenerador:

$$C_s = \frac{3600}{(h_{V_1} - h_{V_2})}$$

$$C_s = \frac{3600}{(3210.5 - 2748.3)}$$

$$C_s = 7.8 \text{ Kg vapor/KWh}$$

3.1.2 BALANCE DE MASA Y ENERGÍA EN CALDERA ACUOTUBULAR:

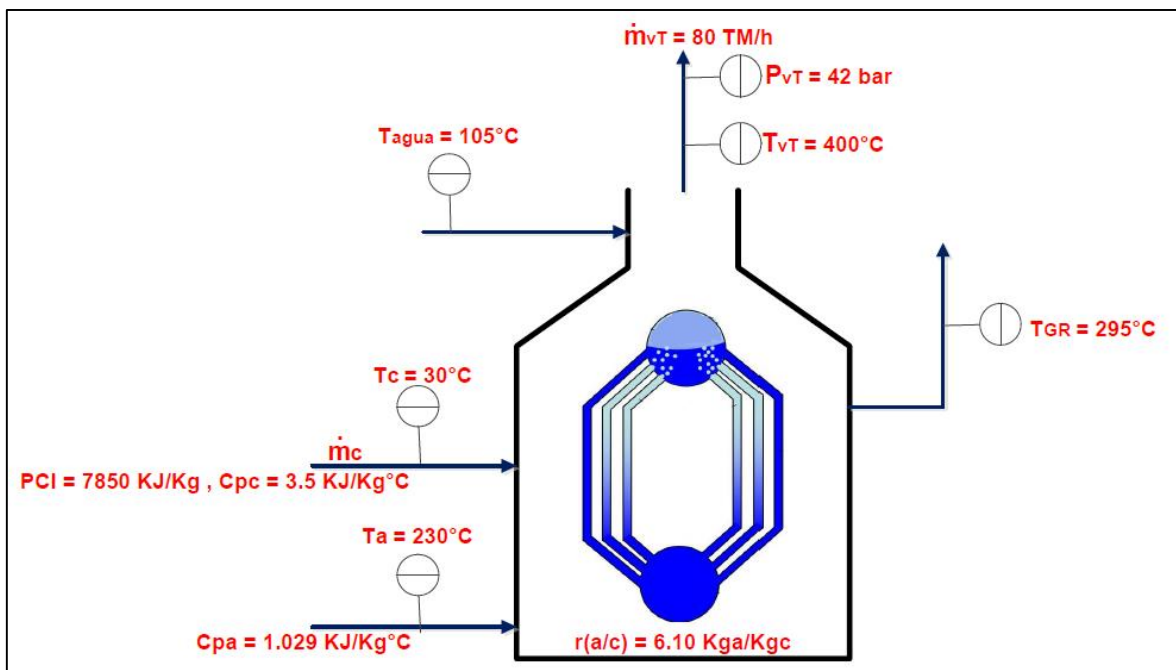


Figura 07: Parámetros actuales de operación de la caldera acuotubular.
Fuente: Empresa Agrolmos S.A, 2018.

Determinación del rendimiento energético actual del caldero acuotubular:

La caldera acuotubular produce 80 TM/h de vapor sobrecalentado con un consumo de bagazo de caña promedio de 46 TM/h, con presión de 43 bar absolutos y temperatura de 400°C, para lo cual la entalpia de sobrecalentamiento es de 3210.50 KJ/Kg, con una temperatura de agua de alimentación de 105°C de entalpia 440.20 KJ/Kg, la temperatura del aire es 230 °C con un calor especifico a presión constante de 1.029 KJ/Kg°C, la temperatura del bagazo es 30°C con un calor especifico de 3.5 KJ/Kg°C, el PCI del bagazo es 7500 KJ/Kg con un contenido de húmeda del 53%.

Para la evaluación del correcto rendimiento energético del caldero, se utiliza la siguiente formulación:

$$\eta_{\text{cald. (actual)}} = \frac{\dot{m}_{VT} * (h_{VT} - h_{\text{agua}})}{(\text{PCI} + C_{pC} * T_c + r_{(a/c)} * C_{pa} * T_a) * \dot{m}_{C_{\text{actual}}}} * 100\%$$
$$\eta_{\text{cald. (actual)}} = \frac{80 \frac{\text{TM}}{\text{h}} * (3210.5 - 440.20) \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}}{\left(7500 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} + 3.5 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * 30^\circ\text{C} + 6.10 * 1.029 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} * 230^\circ\text{C}\right) * 46 \frac{\text{TM}}{\text{h}}} * 100\%$$
$$\eta_{\text{cald. (actual)}} = 53.24\%$$

3.1.3. RENDIMIENTO ELÉCTRICO EFECTIVO EN CONDICIONES ACTUALES:

Para la comercialización de energía eléctrica, el Estado Peruano mediante Decreto Supremo N°082-2007 “Reglamento de Cogeneración”, exige un mínimo valor de Rendimiento Eléctrico Efectivo (REE), para nuestro caso seria **0.70**, debido a que la empresa utiliza una turbina a contrapresión.

Tabla 03: Rendimientos eléctricos efectivos, según tecnología/combustible

Tecnología / Combustible	Rendimiento Eléctrico Efectivo (REE)
Turbina de vapor a contrapresión	0,70
Turbina de vapor de extracción	0,58
Turbina de gas de ciclo simple	0,55
Turbina de gas de ciclo combinado	0,55
Motores de combustión interna	0,55
Biomasa (*)	0,30

Fuente: Reglamento de cogeneración, 2007.

El REE se calculará de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$REE = \frac{E}{Q - \frac{V}{0.9}}$$

Dónde:

–E: Energía eléctrica generada medida en bornes de generador, expresada en MWh.

$$E = P_{GE}(MW) * t_p \left(\frac{h}{mes} \right)$$

La potencia eléctrica máxima actualmente: $P_{GE} = 7.5 \text{ MW}$

La planta trabaja en promedio 8400 h/año, por lo consiguiente: $t_p = 700 \text{ h/mes}$

Tenemos:

$$E = 7.5 \text{ MW} * 700 \frac{h}{mes} = 5250 \frac{MWh}{mes}$$

– Q: Energía suministrada por el combustible utilizado, calculada en MWh y con base a su poder calorífico inferior.

$$Q \left(\frac{MWh}{mes} \right) = m_c \left(\frac{Kg \text{ bagazo}}{mes} \right) * PCI \left(\frac{MJ}{Kg \text{ bagazo}} \right) * \frac{1h}{3600 s}$$

Para producir 7.5 MW de energía eléctrica, la turbina a contrapresión debe consumir 61.452 TM/h de vapor sobrecalentado, mensualmente sería: 61452 Kg vapor/h*700 h/mes = 43016400 Kg vapor/mes, Por lo consiguiente el consumo de combustible, sería:

$$m_c = \frac{43016400 \frac{Kg \text{ vapor}}{mes} * (3210.5 - 440.20) \frac{KJ}{Kg}}{\left(7500 \frac{KJ}{Kg} + 3.5 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} * 30^{\circ}C + 6.10 * 1.029 \frac{KJ}{Kg} * 230^{\circ}C \right) * 0.5324} * 100\%$$

$$m_c = 24736443.07 \frac{Kg \text{ bagazo}}{mes}$$

Tenemos:

$$Q = 24736443.07 \frac{Kg \text{ bagazo}}{mes} * 7.5 \frac{KJ}{Kg \text{ bagazo}} * \frac{1h}{3600 s}$$

$$Q = 51534.26 \frac{MWh}{mes}$$

V: Calor útil a procesos/condensador, expresado en MWh

$$V \left(\frac{\text{MWh}}{\text{mes}} \right) = m_{v0} \left(\frac{\text{Kg vapor}}{\text{mes}} \right) * (h_{v2} - h_{v2f}) \frac{\text{KJ}}{\text{Kg vapor}} * \frac{1\text{h}}{3600\text{ s}} * \frac{1}{1000}$$

Dónde:

- m_{v0} : masa de vapor sobrecalentado, $m_{v0} = 43016400 \frac{\text{Kg vapor}}{\text{mes}}$
- h_{v2} : Entalpia del vapor a la salida de la turbina, $h_{v2} = 2748.3 \text{ KJ/Kg}$
- h_{v2f} : Entalpia del condensado en líquido saturado, $h_{v2f} = 530.8 \text{ KJ/Kg}$

$$V = 43016400 \frac{\text{Kg vapor}}{\text{mes}} * (2748.3 - 530.8) \frac{\text{KJ}}{\text{Kg vapor}} * \frac{1\text{h}}{3600\text{ s}} * \frac{1}{1000}$$

$$V = 26496.91 \frac{\text{MWh}}{\text{mes}}$$

El Rendimiento Eléctrico Efectivo, sería:

$$\text{REE} = \frac{5250 \frac{\text{MWh}}{\text{mes}}}{51534.26 \frac{\text{MWh}}{\text{mes}} - \frac{26496.91 \frac{\text{MWh}}{\text{mes}}}{0.9}}$$

$$\text{REE} = 0.24$$

Podemos concluir que la planta termoeléctrica Agrolmos S.A, tiene un rendimiento eléctrico efectivo insatisfactorio para la comercialización de energía eléctrica, no cumpliendo con la normativa de cogeneración del estado peruano.

3.1.4. BALANCE DE MASA Y ENERGÍA DE LAS TURBINAS TÁNDEM

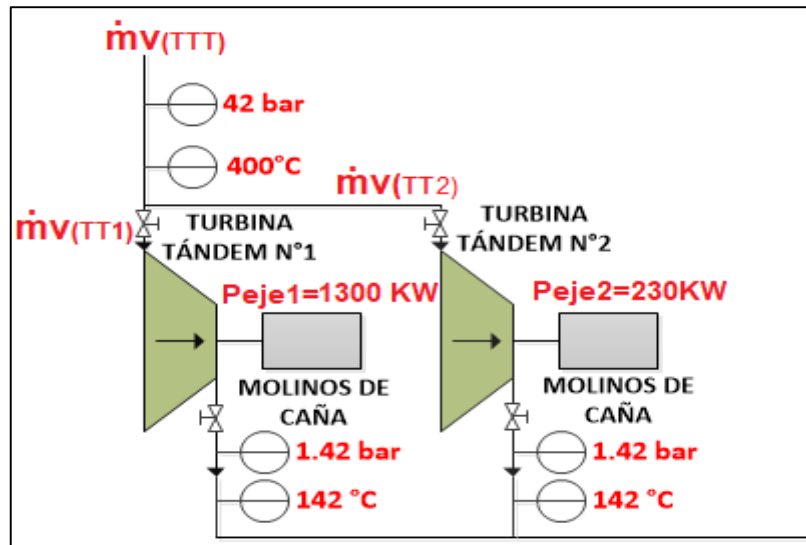


Figura 08: Parámetros de operación de las turbinas tándem
Fuente: Empresa Agrolmos S.A, 2018.

Flujo másico de vapor consumido por la turbina tándem N°01:

$$P_{eje1} = \dot{m}_{V(TT1)} * (h_{V1} - h_{V2})$$

$$1300 \text{ KW} = \dot{m}_{V(TT1)} * (3210.5 - 2748.3) \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$\dot{m}_{V(TT1)} = 2.813 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} = 10.13 \frac{\text{TM}}{\text{h}}$$

Flujo másico de vapor consumido por la turbina tándem N°02:

$$P_{eje2} = \dot{m}_{V(TT2)} * (h_{V1} - h_{V2})$$

$$230 \text{ KW} = \dot{m}_{V(TT2)} * (3210.5 - 2748.3) \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$\dot{m}_{V(TT2)} = 0.5 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} = 1.80 \frac{\text{TM}}{\text{h}}$$

Flujo másico de vapor total consumido por las turbinas tándem:

$$\dot{m}_{V(TTT)} = \dot{m}_{V(TT1)} + \dot{m}_{V(TT2)}$$

$$\dot{m}_{V(TTT)} = 10.13 \frac{\text{TM}}{\text{h}} + 1.80 \frac{\text{TM}}{\text{h}} = 11.93 \frac{\text{TM}}{\text{h}}$$

3.1.5. BALANCE EN EL DESGASIFICADOR (TANQUE DESAIREADOR) EN CONDICIONES ACTUALES

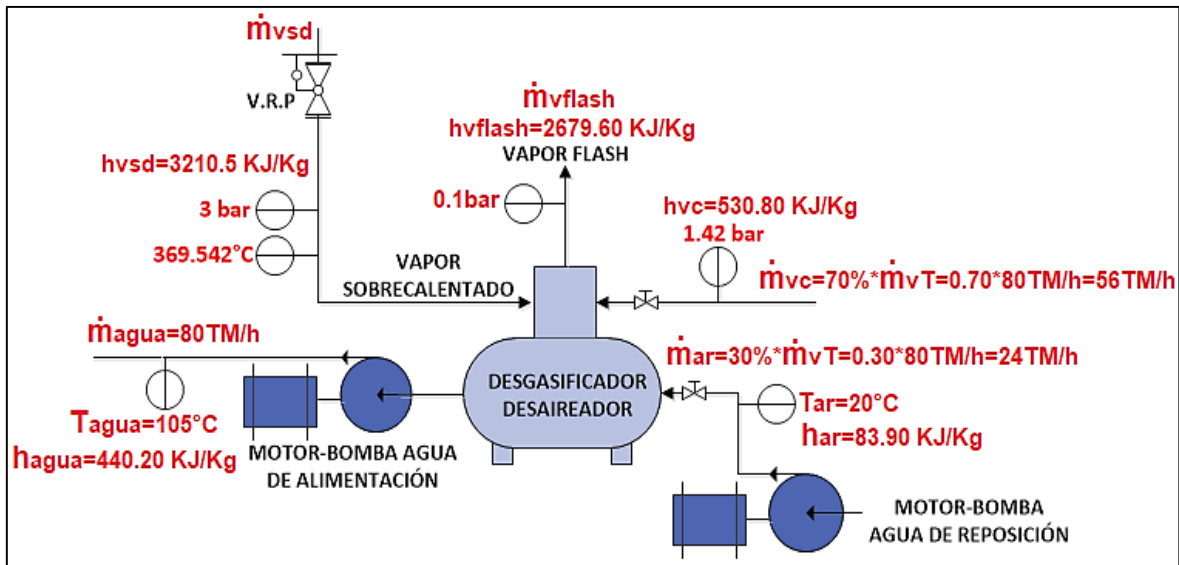


Figura 09: Parámetros de funcionamiento del desaireador en condiciones actuales
Fuente: Empresa Agrolmos S.A, 2018.

Balace de masas en el desaireador:

$$\dot{m}_{vsd} + \dot{m}_{vc} + \dot{m}_{ar} = \dot{m}_{vflash} + \dot{m}_{agua}$$

$$\dot{m}_{vsd} + 56 + 24 = \dot{m}_{vflash} + 80$$

$$\dot{m}_{vsd} = \dot{m}_{vflash}$$

Balace de energía en el desaireador:

$$\dot{m}_{vsd} * h_{vsd} + \dot{m}_{vc} * h_{vc} + \dot{m}_{ar} * h_{ar} = \dot{m}_{vflash} * h_{vflash} + \dot{m}_{agua} * h_{agua}$$

$$\dot{m}_{vsd} * 3210.5 + 56 * 530.8 + 24 * 83.9 = \dot{m}_{vsd} * 2679.6 + 80 * 440.20$$

$$\dot{m}_{vsd} = 6.55 \frac{TM}{h}$$

Por lo consiguiente, la corroboración del flujo másico de vapor sobrecalentado que produce el caldero, sería:

$$\dot{m}_{VT} = \dot{m}_{Vo} + \dot{m}_{V(TTT)} + \dot{m}_{vsd}$$

$$\dot{m}_{VT} = 61.452 \frac{TM}{h} + 11.93 \frac{TM}{h} + 6.55 \frac{TM}{h}$$

$$\dot{m}_{VT} = 79.932 \frac{TM}{h} \approx 80 \frac{TM}{h}$$

3.2 DETERMINACIÓN DEL FLUJO MÁSSICO DE VAPOR SOBREALENTADO REQUERIDO PARA PRODUCIR UN INCREMENTO DE 3 MW DE ENERGIA ELÉCTRICA:

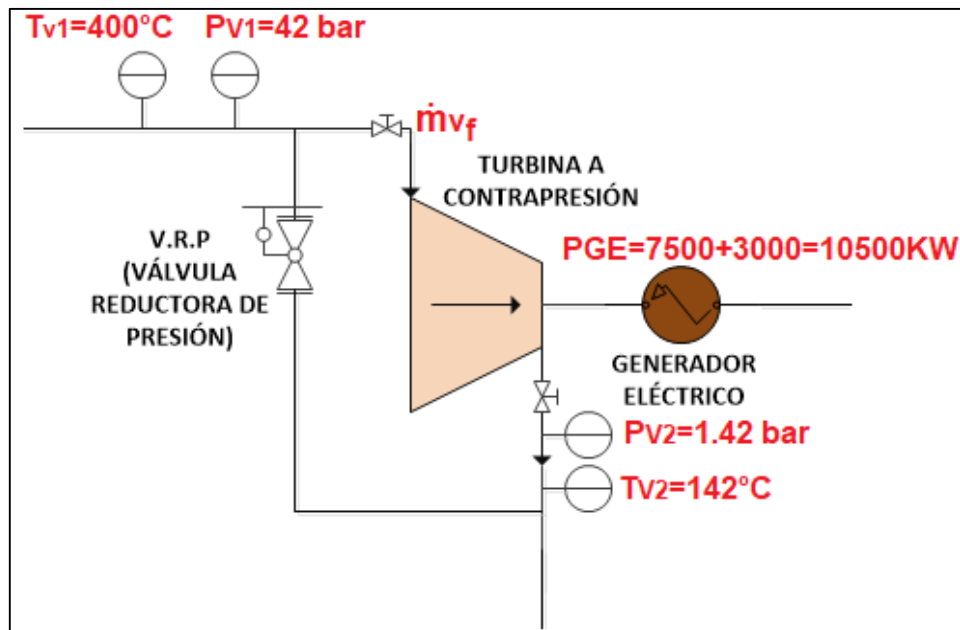


Figura 10: Condiciones de operación en mejora del turbogenerador
Fuente: Empresa Agrolmos S.A, 2018.

Potencia mecánica:

$$P_m * \eta_m * \eta_{GE} = P_{GE}$$

$$P_m * 0.97 * 0.98 = 10500 \text{ KW}$$

$$P_m = 11045.66 \text{ KW}$$

Flujo másico de vapor sobrecalentado consumido en condiciones de mejora por el turbogenerador.

$$P_m = \dot{m}_{vf} * (h_{v1} - h_{v2})$$

Datos

- $P_{v1} = 43 \text{ bar} \Rightarrow T_{v1} = 400^\circ\text{C} \Rightarrow h_{v1} = 3210.5 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$
- $P_{v2} = 2.42 \text{ bar} \Rightarrow T_{v2} = 142^\circ\text{C} \Rightarrow h_{v2} = 2748.3 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$
- $P_m = 11571.64 \text{ KW}$

Reemplazando

$$11045.66 \text{ KW} = \dot{m}_{vf} * (3210.5 - 2748.3) \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$\dot{m}_{vf} = 23.898 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} = 86.033 \frac{\text{TM}}{\text{h}}$$

3.3. BALANCE DE ENERGÍA Y MASA EN CONDICIONES DE MEJORA

3.3.1. BALANCE DE MASA Y ENERGÍA AL CALDERO ACUOTUBULAR: PARA EVALUAR EL INCREMENTO EN CONSUMO DE BAGAZO.

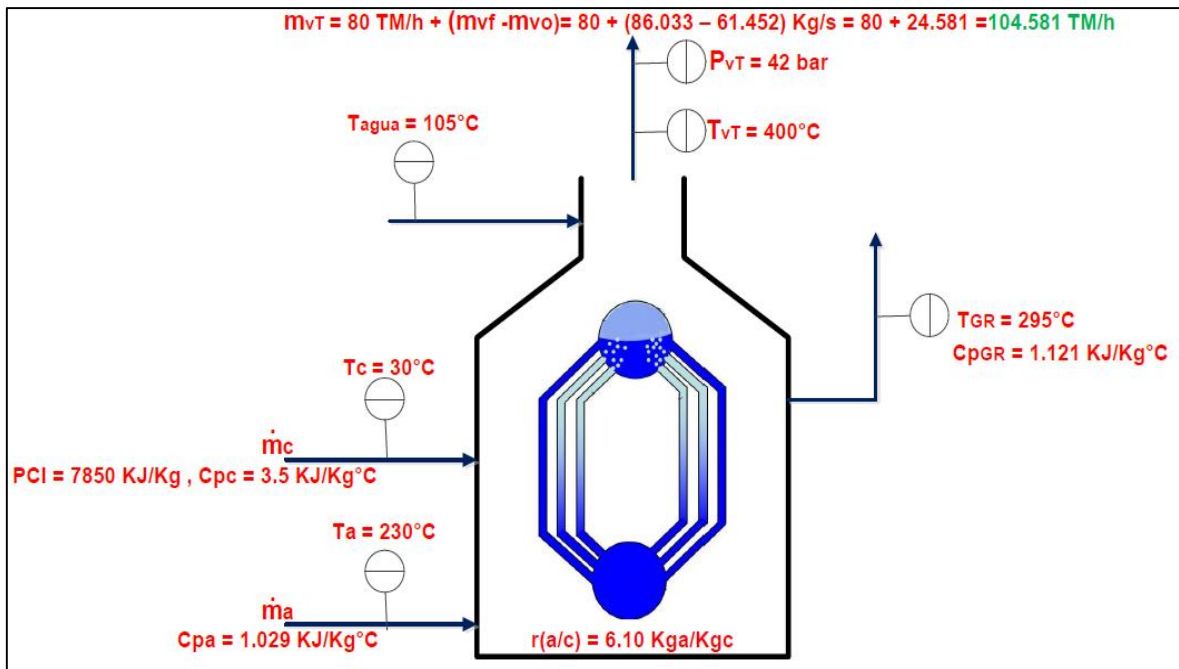


Figura 11: Parámetros en condiciones de mejora del caldero acuotubular.

Fuente: Empresa Agrolmos S.A, 2018.

Determinación del consumo de combustible del caldero acuotubular en condiciones de mejora:

La caldera acuotubular produce 104.581 TM/h de vapor sobrecalentado, con presión de 43 bar absolutos y temperatura de 400°C, para lo cual la entalpía de sobrecalentamiento es de 3210.50 KJ/Kg, con una temperatura de agua de alimentación de 105°C de entalpía 440.20 KJ/Kg, la temperatura del aire es 230 °C con un calor específico a presión constante de 1.029 KJ/Kg°C, la temperatura del bagazo es 30°C con un calor específico de 3.5 KJ/Kg°C, el PCI del bagazo es 7850 KJ/Kg con un contenido de húmeda del 47% . Asimismo el rendimiento de la caldera es 75% debido a la disminución de las diversas pérdidas energéticas (purgas, gases residuales, hollín, convección, combustión incompleta y radiación).

Para la evaluación del correcto consumo de combustible, se utiliza la siguiente formulación:

$$\dot{m}_{C_{\text{mejora}}} = \frac{\dot{m}_{VT} * (h_{VT} - h_{\text{agua}})}{(PCI + C_{pC} * T_c + r_{(a/c)} * C_{p_a} * T_a) * \eta_{\text{cald. (actual)}}} * 100\%$$

Reemplazando los datos:

$$\dot{m}_{C_{\text{mejora}}} = \frac{104.581 \frac{\text{TM}}{\text{h}} * (3210.5 - 440.20) \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}}{\left(7850 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} + 3.5 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * 30^\circ\text{C} + 6.10 * 1.029 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} * 230^\circ\text{C}\right) * 0.75} * 100\%$$

$$\dot{m}_{C_{\text{mejora}}} = 4110 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 41.10 \text{ TM/h}$$

El ahorro en flujo másico de bagazo, sería (bagazo): Debido $\dot{m}_{C_{\text{mejora}}} < \dot{m}_{C_{\text{actual}}}$

$$\Delta \dot{m}_c = \dot{m}_{C_{\text{actual}}} - \dot{m}_{C_{\text{mejora}}}$$

$$\Delta \dot{m}_c = 46 \frac{\text{TM}}{\text{h}} - 41.10 \frac{\text{TM}}{\text{h}}$$

$$\Delta \dot{m}_c = 4.90 \frac{\text{TM}}{\text{h}}$$

3.3.2. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE BAGAZO:

Datos de producción:

- Capacidad de molienda promedio: 5000 TM caña/día
- 1 tonelada de caña de azúcar = 0.34 toneladas de bagazo

Consumo de bagazo diario producido por la planta:

$$m_{\text{bagazo (planta)}} = 5000 \frac{\text{TM caña}}{\text{día}} * \frac{0.34 \text{ TM bagazo}}{1 \text{ TM caña}} = 1700 \frac{\text{TM bagazo}}{\text{día}}$$

Consumo de bagazo diario consumido por el caldero en condiciones actuales:

$$m_{C_{\text{actual}}} = 46 \frac{\text{TM bagazo}}{\text{h}} * 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} = 1104 \frac{\text{TM bagazo}}{\text{día}}$$

Ahorro en masa de bagazo para la cogeneración y venta de energía eléctrica:

$$\Delta m_c = 4.90 \frac{\text{TM bagazo}}{\text{h}} * 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} = 117.60 \frac{\text{TM bagazo}}{\text{día}}$$

Masa de bagazo diario en stock de la planta Agrolmos S.A:

$$m_{\text{bagazo (Stock)}} = m_{\text{bagazo (planta)}} - (m_{c_{\text{actual}}} - \Delta m_c)$$

$$m_{\text{bagazo (Stock)}} = 1700 \frac{\text{TM bagazo}}{\text{día}} - \left(1104 \frac{\text{TM bagazo}}{\text{día}} - 117.60\right) \frac{\text{TM bagazo}}{\text{día}}$$

$$m_{\text{bagazo (Stock)}} = 713.60 \frac{\text{TM bagazo}}{\text{día}}$$

Podemos concluir, que la planta Agrolmos, cuenta con la suficiente producción de bagazo, para cumplir la demanda del caldero acuotubular, sobrando adicionalmente un stock de 713.60 TM bagazo/día.

3.3.4. RENDIMIENTO ELÉCTRICO EFECTIVO EN CONDICIONES DE MEJORA:

Basándonos en la misma metodología del cálculo del REE en condiciones actuales, se procede a calcular el REE condiciones de mejora:

El REE se calculará de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{REE} = \frac{E}{Q - \frac{V}{0.9}}$$

Dónde:

–E: Energía eléctrica generada medida en bornes de generador, expresada en MWh.

$$E = P_{GE}(\text{MW}) * t_p \left(\frac{\text{h}}{\text{mes}} \right)$$

La potencia eléctrica máxima actualmente: $P_{GE} = 7.5 \text{ MW}$

La planta trabaja en promedio 8400 h/año, por lo consiguiente: $t_p = 700 \text{ h/mes}$

Tenemos:

$$E = 7.5 \text{ MW} * 700 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 5250 \frac{\text{MWh}}{\text{mes}}$$

– Q: Energía suministrada por el combustible utilizado, calculada en MWh y con base a su poder calorífico inferior.

$$Q \left(\frac{\text{MWh}}{\text{mes}} \right) = m_c \left(\frac{\text{Kg bagazo}}{\text{mes}} \right) * \text{PCI} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{Kg bagazo}} \right) * \frac{1\text{h}}{3600\text{ s}}$$

Para producir 7.5 MW de energía eléctrica, la turbina a contrapresión debe consumir 61.452 TM/h de vapor sobrecalentado, mensualmente sería: 61452 Kg vapor/h*700 h/mes = 43016400 Kg vapor/mes, Por lo consiguiente el consumo de combustible, sería:

$$m_c = \frac{43016400 \frac{\text{Kg vapor}}{\text{mes}} * (3210.5 - 440.20) \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}}{\left(7850 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} + 3.5 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * 30^\circ\text{C} + 6.10 * 1.029 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} * 230^\circ\text{C} \right) * 0.75} * 100\%$$

$$m_c = 16905671.03 \frac{\text{Kg bagazo}}{\text{mes}}$$

Tenemos:

$$Q = 16905671.03 \frac{\text{Kg bagazo}}{\text{mes}} * 7.85 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg bagazo}} * \frac{1\text{h}}{3600\text{ s}}$$

$$Q = 36863.75 \frac{\text{MWh}}{\text{mes}}$$

V: Calor útil a procesos/condensador, expresado en MWh

$$V \left(\frac{\text{MWh}}{\text{mes}} \right) = m_{v0} \left(\frac{\text{Kg vapor}}{\text{mes}} \right) * (h_{v2} - h_{v2f}) \frac{\text{KJ}}{\text{Kg vapor}} * \frac{1\text{h}}{3600\text{ s}} * \frac{1}{1000}$$

Dónde:

- m_{v0} : masa de vapor sobrecalentado, $m_{v0} = 43016400 \frac{\text{Kg vapor}}{\text{mes}}$
- h_{v2} : Entalpia del vapor a la salida de la turbina, $h_{v2} = 2748.3 \text{ KJ/Kg}$
- h_{v2f} : Entalpia del condensado en líquido saturado, $h_{v2f} = 530.8 \text{ KJ/Kg}$

$$V = 43016400 \frac{\text{Kg vapor}}{\text{mes}} * (2748.3 - 530.8) \frac{\text{KJ}}{\text{Kg vapor}} * \frac{1\text{h}}{3600\text{ s}} * \frac{1}{1000}$$

$$V = 26496.91 \frac{\text{MWh}}{\text{mes}}$$

El Rendimiento Eléctrico Efectivo, sería:

$$REE = \frac{5250 \frac{\text{MWh}}{\text{mes}}}{36863.75 \frac{\text{MWh}}{\text{mes}} - \frac{26496.91 \frac{\text{MWh}}{\text{mes}}}{0.9}}$$

$$REE = 0.71$$

Podemos concluir que la planta termoeléctrica Agrolmos S.A, tiene un rendimiento eléctrico efectivo satisfactorio para la comercialización de energía eléctrica con el estado peruano.

Tabla 04: Resultados del análisis de la central termoeléctrica en condiciones actuales y de mejora

Flujo másico de vapor nominal del caldero	$(m_v)_n = 110 \text{ TM/h}$		
Potencia nominal de la turbina a contrapresión	$(P_{GE})_n = 18.80 \text{ MW}$		
Presión del vapor en el caldero	$P_{V1} = 43 \text{ bar abs}$		
Temperatura del vapor en el caldero	$T_{V1} = 400^\circ\text{C}$		
Presión del vapor de escape de la turbina	$P_{V2} = 2.42 \text{ bar abs}$		
Temperatura del vapor de escape de la turbina	$T_{V2} = 142^\circ\text{C}$		
Entalpia de vapor sobrecalentado de caldera	$h_{V1} = 3210.5 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$		
Entalpia del agua de alimentación	$h_{\text{agua}} = 440.20 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$		
Entalpia del vapor de escape de la turbina	$h_{V2} = 2748.3 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$		
Parámetros	Unidad	Sin cogeneración comercial	Con cogeneración comercial
Flujo másico de vapor caldero	TM/h	80 TM/h	104.581
Rendimiento energético caldero	%	53.24	75
Poder calorífico inferior	KJ/Kg	7500	7850
Potencia eléctrica	MW	7.50	10.50
Flujo másico de combustible	TM/h	46	41.40
Rendimiento eléctrico efectivo	%	24	71

3.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA LA CONDENSACIÓN DEL EXCEDENTE DE FLUJO MÁSSICO DE VAPOR EVACUADO POR EL TURBOGENERADOR.

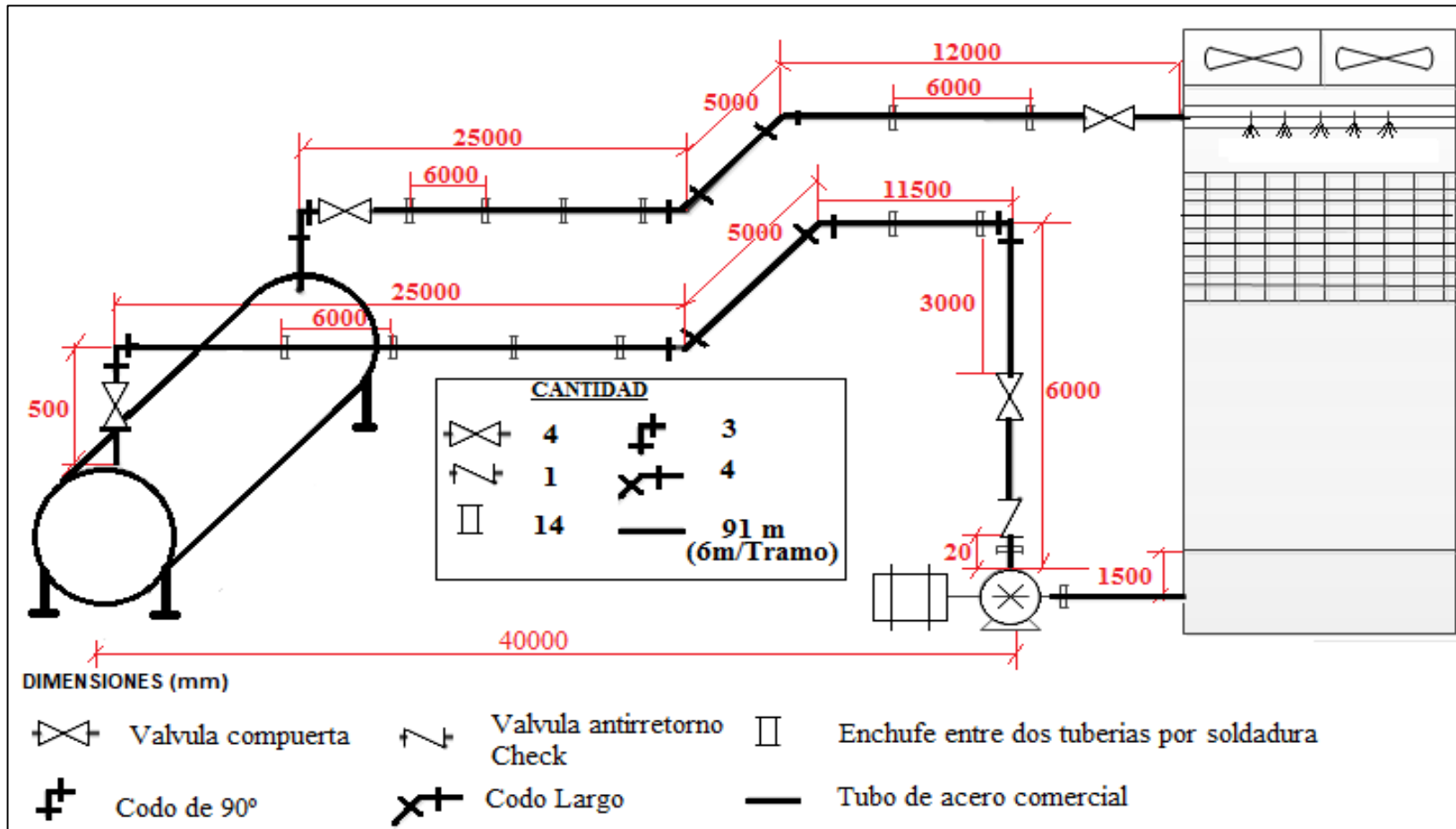


Figura 12: Sistema de enfriamiento del vapor sobrecalentado excedente.
Fuente: Elaboración propia

3.4.1. BALANCE DE MASA Y ENERGÍA EN EL CONDENSADOR INDUSTRIAL PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE AGUA DE CONDENSACIÓN:

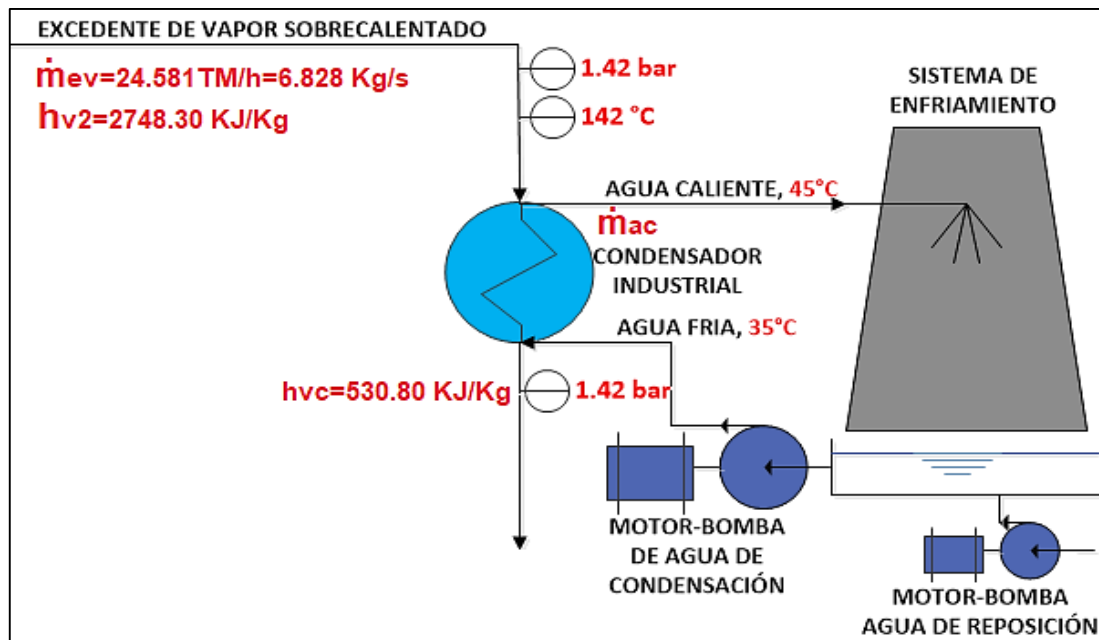


Figura 13: Parámetros de operación del condensador industrial
Fuente: Elaboración propia

Tenemos:

$$\dot{m}_{ev} * (h_{v2} - h_{v2f}) = \dot{m}_{ac} * \bar{C}_{p_{agua}} * (T_{agc} - T_{agf})$$

Dónde:

- \dot{m}_{ev} : Flujo másico excedente de vapor sobrecalentado, $\dot{m}_{ev} = 6.828 \frac{Kg}{s}$
- h_{v2} : Entalpía del vapor excedente sobrecalentado, $h_{v2} = 2748.3 \text{ KJ/Kg}$
- h_{v2f} : Entalpía del condensado en líquido saturado, $h_{v2f} = 530.8 \text{ KJ/Kg}$
- T_{agc} : Temperatura del agua de condensación caliente, $T_{agc} = 45^{\circ}\text{C}$
- T_{agf} : Temperatura del agua de condensación fría, $T_{agf} = 35^{\circ}\text{C}$
- $\bar{C}_{p_{agua}}$: Calor específico promedio del agua, $\bar{C}_{p_{agua}} = 4.18 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}}$

El consumo de agua de condensación:

$$6.828 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} * (2748.3 - 530.8) \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} = \dot{m}_{ac} * 4.18 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} * (45 - 35)^{\circ}\text{C}$$

$$\dot{m}_{ac} = 362.227 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

3.4.2. CAPACIDAD DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO:

Calor útil del sistema de enfriamiento:

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{\text{util,SE}} &= \dot{m}_{\text{ac}} * \overline{C}_{\text{p,agua}} * (T_{\text{agc}} - T_{\text{agf}}) \\ \dot{Q}_{\text{util,SE}} &= 362.227 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} * 4.18 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} * (45 - 35)^{\circ}\text{C} \\ \dot{Q}_{\text{util,SE}} &= 15141 \text{ KW}\end{aligned}$$

Dimensionamiento y selección de torres de enfriamiento:

La capacidad máxima del sistema de enfriamiento, para un factor de servicio de 1.25 sería:

$$\begin{aligned}C &= \dot{Q}_{\text{util,SE}} * f. s \\ C &= 15141 \text{ KW} * 1.25 \\ C &= 18926.25 \text{ KW}\end{aligned}$$

En unidades de toneladas de refrigeración:

$$\begin{aligned}C &= 18926.25 \text{ KW} * \frac{1 \text{ Ton} - \text{ Torre}}{3.52 \text{ KW}} \\ C &= 5377 \text{ Ton} - \text{ Torre}\end{aligned}$$

En la figura 14, se muestra la ficha técnica de una torre de enfriamiento de la empresa SICREA, con una capacidad de refrigeración de 2820 Ton-Torre, por lo cual el número de torres de enfriamiento a utilizar serían:

$$\begin{aligned}\text{NTE} &= \frac{C}{C_{\text{máx}}} \\ \text{NTE} &= \frac{5377 \text{ Ton} - \text{ Torre}}{2820 \text{ Ton} - \text{ Torre}} \\ \text{NTE} &= 1.91 \approx 2\end{aligned}$$

Por lo cual podemos concluir, que se necesitarían 2 torres de enfriamiento, con una capacidad de 2820 Ton-Torre C/u para la condensación del vapor excedente.



DATOS DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO

Modelo	SICREA COOLPACK SR 2920/OU-1T-C70.34
Precio	\$ 174 553.75
Material	Acero Inoxidable AISI 304
Calor Disipado	8540535 Kcal/h - 9926 KW - 2820 Ton Torre
Caudal de Agua	720 m ³ /h - 3170 gpm
Temperatura del Agua a la entrada	45 °C
Temperatura del agua a la salida	35°C
Temperatura de bulbo Humedo	24 °C

DATOS DE OPERACIÓN

Reposicion de agua	10.40 m ³ /h (Sin purgas continuas)
Tipo de tobera	12 STB
Presión hidráulica	0.7 bar

DATOS DEL MOTOR - VENTILADOR

Potencia del motor	30 KW
Potencia absorbida por el ventilador	26.60 KW
Velocidad del motor	1467 RPM
Velocidad del ventilador	385 RPM
Voltaje	3 x 525 V
Frecuencia	60Hz

PESO Y DIMENSIONES

Largo	6000 mm
Ancho	4800 mm
Alto	5600 mm
Peso neto	9000 Kg
Peso en operación	5000 Kg

*Figura 14: Ficha técnica de torre de enfriamiento unitaria
Fuente: Empresa Sicrea, 2018*

3.4.3. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE LA TUBERÍA DE AGUA DE CONDENSACIÓN

Flujo volumétrico o caudal:

$$\dot{V}_{ac} = \frac{\dot{m}_{ac}}{\rho_{ac}}$$

Dónde:

- \dot{m}_{ac} : Flujo másico del agua de condensación, $\dot{m}_{ac} = 362.227 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$
- ρ_{ac} : Densidad promedio del agua de condensación, $\rho_{ac} = 992.175 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

El flujo volumétrico o caudal del agua de condensación:

$$\dot{V}_{ac} = \frac{362.227 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}}{992.175 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\dot{V}_{ac} = 0.365 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 365 \frac{\text{Lt}}{\text{s}}$$

Diámetro interior de la tubería de agua de condensación:

$$\dot{V}_{ac} = U_{\text{agua}} * S$$

Velocidad del agua promedio recomendada: $U_{\text{agua}} = 2.25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

La sección transversal de la tubería:

$$0.365 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 2.25 \frac{\text{m}}{\text{s}} * S$$

$$S = 0.162 \text{ m}^2$$

El diámetro interior de la tubería:

$$\frac{\pi * d_{\text{int}}^2}{4} = S \rightarrow d_{\text{int}} = \sqrt{\frac{4 S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 0.162}{\pi}} = 0.454 \text{ m} = 454 \text{ mm} = 17.874 \text{ pulg}$$

Normalizando la tubería de acero: $D_n = 18 \text{ pulg}$, SCH 40

$$\text{Dimensiones Normalizadas de la tubería: } \left\{ \begin{array}{l} d_{\text{int}} = 16.876 \text{ pulg} = 428.65 \text{ mm} \\ \delta_t = 0.562 \text{ pulg} = 14.27 \text{ mm} \\ d_{\text{ext}} = 18 \text{ pulg} = 457.20 \text{ mm} \end{array} \right.$$

Vida nominal estimada de la tubería: El Código ASME Sección VIII Div. 1, establece que la velocidad de corrosión para tuberías de acero es: 0.127 mm/año (0.005 in/año):

$$t_{\text{vida}} = \frac{\delta_t}{c}$$

Dónde:

- t_{vida} : Tiempo de vida nominal de la tubería
- c : Velocidad de corrosión del material de la tubería, $C= 0.127$ mm/año
- t : Espesor de la tubería, $\delta_t = 0.562$ pulg = 14.27 mm

$$t_{\text{vida}} = \frac{14.27 \text{ mm}}{0.127 \text{ mm/año}} = 112 \text{ años}$$

Recalculando la velocidad del agua:

$$U_{\text{agua}} = \frac{\dot{V}_{\text{agua}}}{S} = \frac{0.365 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\frac{\pi * 0.42865^2}{4}} = 2.53 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

3.4.4. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE BOMBAS CENTRIFUGAS

Análisis de las pérdidas hidráulicas:

- Pérdidas secundarias: Debido a la cantidad de accesorios por los cuales tendrá que circular el agua de condensación.

En la tabla 05, se detallan valores promedios de los coeficientes de pérdidas, de los accesorios a lo extenso de la tubería de agua de condensación.

Tabla 05. Coeficientes de pérdidas por accesorios

Accesorios	K_{unitario}	Cantidad	K_{total}
Válvula compuerta	0.10	4	0.40
Codo largo	0.19	4	0.76
Codo 90°	0.36	3	1.08
Válvula check	1.20	1	1.20
Entrada de tubería	0.78	2	1.56
Salida de tubería	1	2	2
			7.00

Fuente: Beltrán, 2008, p.32

Las pérdidas secundarias se determinan:

$$h_{p_m} = \sum K_{total} * \frac{U_{agua}^2}{2g}$$

$$h_{p_m} = 7 * \frac{(2.53)^2}{2(9.81)}$$

$$h_{p_m} = 2.28 \text{ m}$$

- Pérdidas primarias: Debido al contacto con la superficie lateral de la tubería de agua de condensación.

• Número de Reynolds:

$$Re = \frac{U_{agua} * d_{int}}{\gamma_{agua}}$$

La viscosidad cinemática del agua se determina a la temperatura promedio del agua de condensación, $\gamma_{agua} = 0.658 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}$

El número de Reynolds:

$$Re = \frac{\left(2.53 \frac{m}{s}\right) (0.42865 \text{ m})}{0.658 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}} = 1.65 * 10^6 \rightarrow \text{Regimen Turbulento}$$

• Rugosidad absoluta del acero comercial: $\epsilon = 0.046 \text{ mm}$

• Evaluación del factor de fricción: Por la ecuación de Colebrook

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon}{3.7 * d_{int}} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{0.046 \text{ mm}}{3.7 * 428.65 \text{ mm}} + \frac{2.51}{1.65 * 10^6 \sqrt{f}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(2.9 * 10^{-5} + \frac{1.52 * 10^{-6}}{\sqrt{f}} \right)$$

$$f = 0.013$$

Las pérdidas primarias, serían:

$$h_{pM} = f * \frac{L}{d_{int}} * \frac{U_{agua}^2}{2g}$$
$$h_{pM} = 0.013 * \frac{91 \text{ m}}{0.42865 \text{ m}} * \frac{\left(2.53 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 * \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}$$
$$h_{pM} = 0.9 \text{ m}$$

Altura del sistema:

$$H_{sist} = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + Z_2 - Z_1 + h_{p_{totales}}$$

Dónde: Ver figura 12

- Punto 1: Punto sobre el nivel del agua del depósito de la torre de enfriamiento.
- Punto 2: Punto a la entrada de la torre de enfriamiento (Ingreso del agua caliente)
- Parámetros de la ecuación de la energía
 - $P_1 \approx 0$ bar man (Presión atmosférica)
 - $P_2 \approx 0$ bar man (Presión atmosférica)
 - $V_1 \approx 0$
 - $V_2 = 2.53 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
 - $Z_1 = 1.5 \text{ m}$
 - $Z_2 = 6 \text{ m}$
 - $h_{p_{totales}} = h_{p_{secundarias}} + h_{p_{primarias}} = 2.28 \text{ m} + 0.90 \text{ m} = 3.18 \text{ m}$

Remplazando, en la ecuación de la energía:

$$H_{sist} = \frac{2.53^2 - 0^2}{2(9.81)} + 6 - 1.5 + 3.18 = 8 \text{ m. c. a}$$

En unidades de presión:

$$H_{sist} = 8 \text{ m. c. a} * \frac{1 \text{ bar}}{10 \text{ m. c. a}} = 0.8 \text{ bar}$$

Altura bombeo neta:

$$H_B = (H_{sist} + p_{tobera} + \Delta p_C) * f. S$$

Tenemos, los siguientes valores:

- Presión a la entrada de la tobera: $p_{tobera} = 0.7 \text{ bar}$
- Caída de presión en el condensador: $\Delta p_C = 0.5 \text{ bar}$
- Factor de servicio requerido: 1.15

Por lo consiguiente la altura neta de bombeo requerida, sería:

$$H_B = (0.8 \text{ bar} + 0.7 \text{ bar} + 0.5 \text{ bar}) * 1.15$$

$$H_B = 2.30 \text{ bar}$$

En metros columna de agua:

$$H_B = 2.30 \text{ bar} * \frac{10 \text{ m. c. a}}{1 \text{ bar}}$$

$$H_B = 23 \text{ m. c. a}$$

Selección de la bomba Hidráulica del agua de condensación:

Se seleccionarán 2 bombas hidráulicas en paralelo, para mantener la altura de 23m, pero con un caudal 182.50 lt/s cada una, para obtener un caudal total de 365 lt/s.

Del catálogo Hidrostral, la curva característica que cumple con los requerimientos, es la bomba modelo 200-400, con las siguientes características principales:

Tabla 06: Parámetros de funcionamiento de las bombas centrifugas

Parámetros	Simbología	Cantidad	Unidad
Potencia de bomba centrifuga	P_B	75(56)	HP(KW)
Altura de bombeo neta	H_B	23	m
Flujo volumétrico	\dot{V}_{agua}	182.50	Lt/s
Rendimiento de la bomba	η_B	71	%
Altura de succión positiva neta requerida	$(NPSH)_r$	8	m
Velocidad de rotación	n	1185	rpm

Fuente: Hidrostral, 2012, p.30

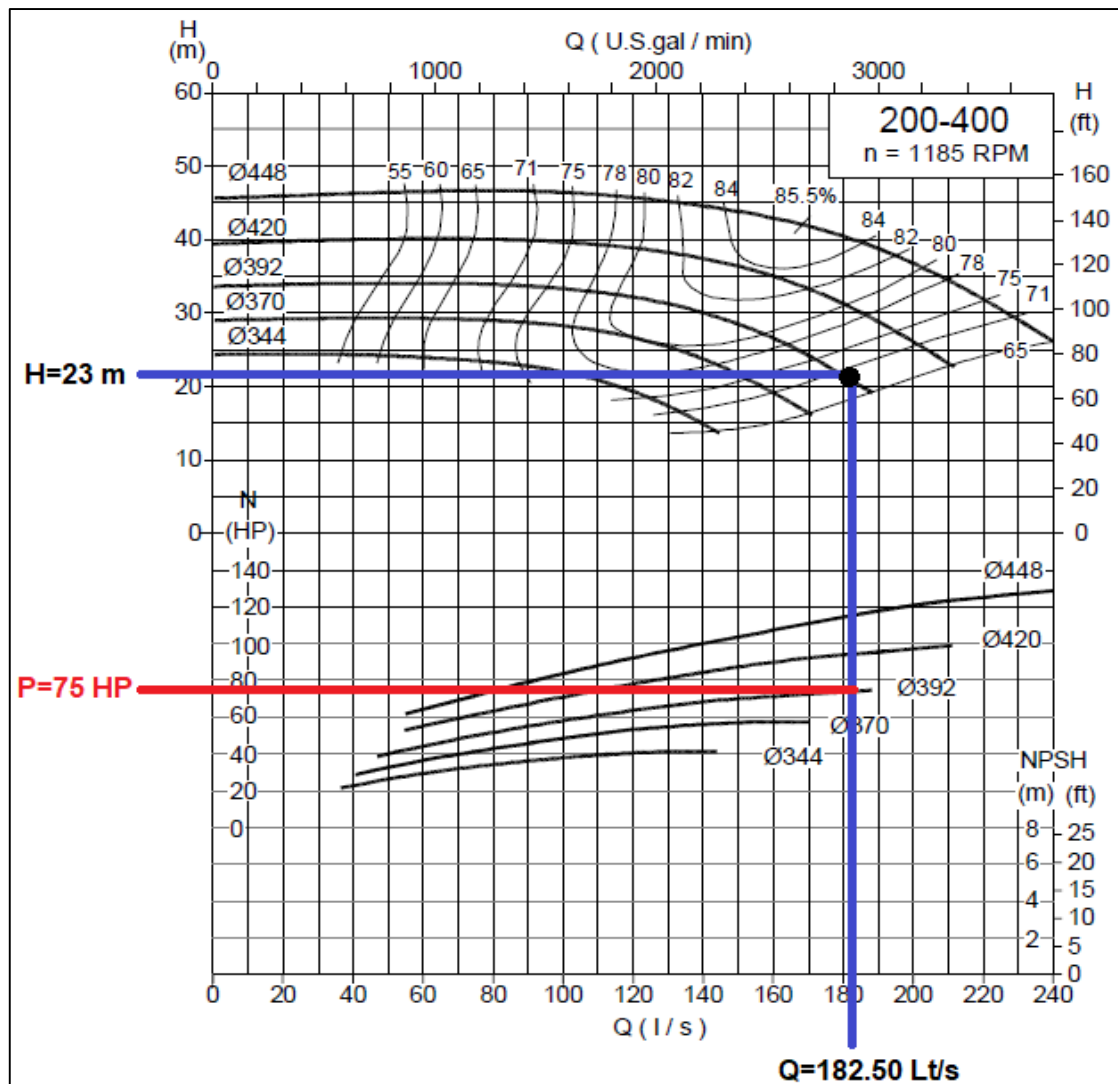


Figura 15. Curva característica de la bomba centrífuga 200-400
Fuente: Hidrostal, 2012, p.30

- Análisis de cavitación: Una vez seleccionadas las bombas centrífugas, se tiene que corroborar que dichas bombas, no presenten cavitación durante su funcionamiento.

Determinación de la altura de succión positiva neta disponible:

$$(NPSH)_D = \frac{P_{atm} - P_{vapor}}{\rho g} \pm h_s - h_{p_{totales\ succion}}$$

Datos:

- $P_{atm} = 10^5 \text{ Pa}$
- $P_{vapor} = 5.62 \text{ Kpa}$ a $T_{agua} = 35^\circ\text{C}$

- $h_s = +1.5\text{m}$ (Altura sobre el eje de la bomba centrífuga)
- Las pérdidas totales en la succión, serían:

$$h_{p_{\text{total succion}}} = \sum K_{\text{succ}} * \frac{U_{\text{agua}}^2}{2g} + f * \frac{L_{\text{succ}}}{D} * \frac{U_{\text{succ}}^2}{2g}$$

$$h_{p_{\text{total succion}}} = 1\text{m} * \frac{\left(\frac{2.53 \text{ m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \left(\frac{9.81 \text{ m}}{\text{s}^2}\right)} + 0.013 * \frac{0.5 \text{ m}}{0.42865 \text{ m}} * \frac{\left(\frac{2.53 \text{ m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \left(\frac{9.81 \text{ m}}{\text{s}^2}\right)}$$

$$h_{p_{\text{total succion}}} = 0.33 \text{ m}$$

La altura disponible sería:

$$(\text{NPSH})_D = \frac{10^5 \text{ Pa} - 5.62 * 10^3 \text{ Pa}}{992.175 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + 1.5 \text{ m} - 0.33 \text{ m}$$

$$(\text{NPSH})_D = 11 \text{ m}$$

Se tiene que la altura de succión positiva neta disponible es mayor a la altura de succión positiva requerida, por lo tanto, las bombas no cavitara.

$$(\text{NPSH})_D > (\text{NPSH})_r$$

$$11 \text{ m} > 8 \text{ m}$$

3.4.5. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS PARA EL ACCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS

Potencia absorbida por el motor eléctrico:

$$P_{ME} = \frac{P_B}{\eta_m * \eta_{ME} * \eta_{cd}}$$

Datos del motor:

- Potencia de la bomba: $P_B = 56 \text{ KW}$
- Rendimiento mecánico: $\eta_m = 97\%$
- Rendimiento del motor eléctrico: $\eta_{ME} = 93\%$
- Rendimiento de los conductores: $\eta_{cd} = 98\%$

Tenemos:

$$P_{ME} = \frac{56 \text{ KW}}{0.97 * 0.93 * 0.98}$$

$$P_{ME} = 63.34 \text{ KW}$$

Selección de los motores eléctricos:

Del catálogo DELCROSA de motores eléctricos trifásicos, seleccionamos el modelo de carcasa 280S/M, con una potencia nominal de 75 KW (100HP)

Tabla 07: Parámetros principales del motor eléctrico

Parámetro	Simbología	Valor	Unidad
Potencia nominal del motor	P_{ME}	100 (75)	hp (KW)
Tensión de la red	U	380	V
Frecuencia de la red	f	60	Hz
Número de polos	NP	6	-
Rendimiento del motor eléctrico	η_{ME}	93	%
Factor de potencia	$\cos(\phi)$	0.83	-
Velocidad de rotación nominal	n	1180	rpm

Fuente: Delcrosa, 2015, p.5

Dimensionamiento y selección de los conductores eléctricos:

En la figura 16, se muestra el sistema de protección y conductores eléctricos para los nuevos motores eléctricos de accionamiento de las bombas hidráulicas seleccionadas.

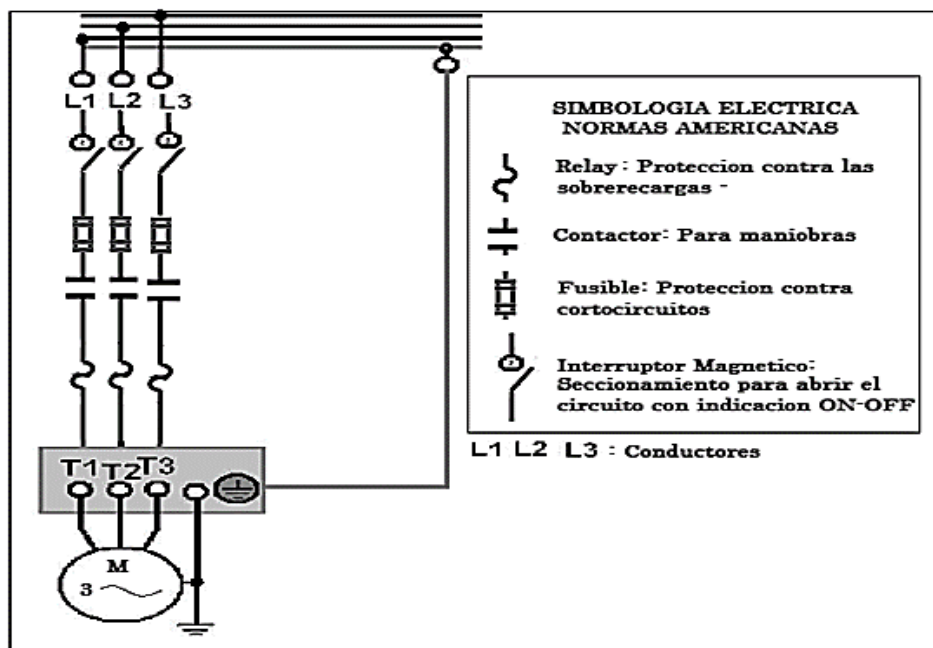


Figura 16: Equipos y conductores de protección de los motores eléctricos
Fuente: Elaboración propia

Caída de tensión en los conductores:

$$\Delta U_{cd} = 1.5\% U_n$$

Donde la tensión nominal del motor es 380V

$$\Delta U_{cd} = 1.5\% (380V)$$

$$\Delta U_{cd} = 5.7 V$$

Corriente nominal:

$$I_n = \frac{P_{ME}}{\cos\phi * U_n}$$

Donde, el factor de potencia es 0.83

Tenemos:

$$I_n = \frac{75 * 10^3 W}{0.83 * 380 V}$$

$$I_n = 238 A$$

- Resistencia de los conductores:

$$R_{cd} = \frac{\Delta U_{cd}}{I_n}$$

$$R_{cd} = \frac{5.7 V}{238 A}$$

$$R_{cd} = 0.024 \Omega$$

- La sección transversal del conductor:

$$S = \frac{\rho * L}{R_{cd}}$$

Dónde:

- La resistividad del cobre es $\rho = 0.0175 \frac{\Omega * mm^2}{m}$
- La longitud promedio de los conductores es 150 m

Remplazando:

$$S = \frac{0.0175 \frac{\Omega * \text{mm}^2}{\text{m}} * 150 \text{ m}}{0.024 \Omega}$$

$$S = 109.4 \text{ mm}^2$$

Del catálogo de INDECO seleccionamos el calibre NYY 3-1*120 mm², enterrado con una corriente nominal de 382 A.

Donde se cumple:

$$(I_n)_{\text{max}} > I_n \quad (382\text{A} > 238\text{A})$$

$$(S)_{\text{max}} > S \quad (120\text{mm}^2 > 109.40 \text{ mm}^2)$$

3.4.6. DISEÑO DEL CONDENSADOR INDUSTRIAL

- Propiedades termodinámicas de los fluidos: Agua condensada y vapor

Tabla 08: Propiedades termodinámicas del agua, $T_m = (45+35)/2=40^\circ\text{C}$

Parámetro físico	Densidad	Viscosidad dinámica	Conductividad térmica	Número de Prandtl
Valor	992.175	$652.97 * 10^{-6}$	0.6306	4.328
Unidad	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Pa.s	$\frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}}$	Adimensional
Símbolo	ρ_{ac}	μ_{ac}	K_{ac}	Pr_{ac}

Fuente: Steam table, 2018

Tabla 09: Propiedades termodinámicas del vapor, $P=2.42 \text{ bar absolutos}$

Parámetro físico	Densidad	Viscosidad dinámica	Conductividad térmica	Número de Prandtl	Calor específico
Valor	937.909	$219.543 * 10^{-6}$	0.6840	1.366	4.255
Unidad	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Pa.s	$\frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}}$	Adimensional	KJ/Kg°C
Símbolo	ρ_v	μ_v	K_v	Pr_v	C_{pv}

Fuente: Steam table, 2018

- Calor útil del agua:

$$\dot{Q}_{\text{util}} = \dot{m}_{ac} * \overline{Cp}_{\text{agua}} * (T_{\text{agc}} - T_{\text{agf}})$$

$$\dot{Q}_{\text{util}} = 362.227 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} * 4.18 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (45 - 35)^\circ\text{C}$$

$$\dot{Q}_{\text{util}} = 15141 \text{ KW}$$

- Diámetro de los tubos de agua de condensación:

Normalizando la tubería de acero ASTM A53: $D_n = 2$ pulg, SCH 40

$$\text{Dimensiones Normalizadas de la tubería: } \begin{cases} d_{\text{int}} = 52.48 \text{ mm} \\ \delta_t = 3.91 \text{ mm} \\ d_{\text{ext}} = 60.30 \text{ mm} \end{cases}$$

- Velocidad, flujo volumétrico unitario y número de tubos por cada paso en el condensador industrial por cada tubo de agua de condensación:

Tabla 10: Número de tubos por cada paso, según la velocidad del agua

Velocidad, U_{ac} (m/s)	Flujo unitario, \dot{V}_{unit} (m^3/s) $\dot{V}_{\text{unit}} = U_{ac} * S_t = U_{ac} * \frac{\pi * d_{\text{int}}^2}{4}$	Número de tubos por cada paso, $N_{t/p}$ $N_{t/p} = \frac{\dot{m}_{ac}}{\rho_{ac} * \dot{V}_{\text{unit}}}$
0.5	0.001082	338
1	0.002163	169
1.5	0.003245	113
2	0.004326	84
2.5	0.005408	68

Fuente: Análisis en Excel de la velocidad, flujo unitario y número de tubos/paso

- Coeficiente de transferencia de calor interna, referente al agua de condensación:

–Número de Nusselt del agua de condensación:

$$(N_u)_{ac} = 0.0263 * Pr_{ac}^{0.4} * Re_{ac}^{0.8}$$

Dónde el número de Reynolds, se define:

$$Re_{ac} = \frac{\rho_{ac} * U_{ac} * d_{\text{int}}}{\mu_{ac}}$$

$$Re_{ac} = \frac{992.175 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 2.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.05248 \text{ m}}{652.97 * 10^{-6} \text{ Pa.s}} = 199356$$

Reemplazando el número de Nusselt, sería:

$$(N_u)_{ac} = 0.0263 * (4.328)^{0.4} * (199356)^{0.8}$$

$$(N_u)_{ac} = 820.68$$

- Coeficiente de convección del agua de condensación:

$$h_{\text{int}} = \frac{(N_u)_{\text{ac}} * K_{\text{ac}}}{d_{\text{int}}}$$

$$h_{\text{int}} = \frac{820.68 * 0.6306 \frac{\text{W}}{\text{m}^{\circ}\text{C}}}{0.05248 \text{ m}}$$

$$h_{\text{int}} = 9861.30 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{C}}$$

- Coeficiente de transferencia de calor externa, referente al vapor:

-Número de Nusselt del vapor:

$$(N_u)_v = 0.725 * (Ga * Pr_v * Ku)^{1/4}$$

Invariante de Galilei:

$$Ga = \frac{\rho_v^2 * g * d_{\text{ext}}^3}{\mu_v^2}$$

$$Ga = \frac{(937.909 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})^2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * (0.06030 \text{ m})^3}{(219.543 * 10^{-6} \text{ Pa.s})^2} = 4 * 10^{10}$$

Criterio de Kutateladze:

$$Ku = \frac{l_v}{Cp_v * \Delta T}$$

Dónde:

• El calor latente de vaporización:

$$l_v = h_i - h_s \begin{cases} h_i: \text{Entalpia a la entrada del condensador, } h_i = 2748.30 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \\ h_s: \text{Entalpia a la salida del condensador, } h_s = 530.80 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \end{cases}$$

$$l_v = 2748.30 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} - 530.80 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} = 2217.50 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

• Variación de temperatura entre la temperatura del vapor y la temperatura exterior de los tubos de agua:

$$\Delta T = 5^{\circ}\text{C} \dots 10^{\circ}\text{C} = 5^{\circ}\text{C}$$

Reemplazando:

$$Ku = \frac{2217.50 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}}{4.255 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * 5^\circ\text{C}} = 104.23$$

El número de Nusselt del vapor, sería:

$$(N_u)_v = 0.725 * (4 * 10^{10} * 1.366 * 104.23)^{1/4}$$

$$(N_u)_v = 1120$$

– Coeficiente de convección del vapor:

$$h_{\text{ext}} = \frac{(N_u)_v * K_v}{d_{\text{ext}}}$$

$$h_{\text{ext}} = \frac{1120 * 0.684 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}}}{0.06030 \text{ m}}$$

$$h_{\text{ext}} = 12704.50 \frac{\text{W}}{\text{m}^2^\circ\text{C}}$$

- **Coeficiente de transferencia de calor global:**

$$K_G = \frac{1}{\frac{1}{h_{\text{int}}} + \frac{\delta_t}{K_{\text{tubo}}} + \frac{1}{h_{\text{ext}}} + R_{f,\text{externo}} + R_{f,\text{interno}}}$$

Dónde:

- $K_{\text{tubo}} = 56.70 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}}$, conductividad térmica del acero
- $R_{f,\text{externo}} = 0.0001 \frac{\text{m}^2^\circ\text{C}}{\text{W}}$, resistencia de ensuciamiento del agua
- $R_{f,\text{interno}} = 0.0001 \frac{\text{m}^2^\circ\text{C}}{\text{W}}$, resistencia de ensuciamiento del vapor

Reemplazando:

$$K_G = \frac{1}{\frac{1}{9861.30 \frac{\text{W}}{\text{m}^2^\circ\text{C}}} + \frac{3.91 * 10^{-3} \text{ m}}{56.70 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}}} + \frac{1}{12704.50 \frac{\text{W}}{\text{m}^2^\circ\text{C}}} + 0.0001 \frac{\text{m}^2^\circ\text{C}}{\text{W}} + 0.0001 \frac{\text{m}^2^\circ\text{C}}{\text{W}}}$$

$$K_G = 2226.80 \frac{\text{W}}{\text{m}^2^\circ\text{C}}$$

- Variación de temperatura media logarítmica:

El vapor de escape de la turbina se evacua en estado de vapor sobrecalentado a la presión de 2.42 bar absoluto y 142°C, Ingresando en estas condiciones al condensador industrial, y sale a la temperatura de saturación de 126.362°C a presión constante. Asimismo el agua de condensación ingresa a la temperatura de 35°C y sale a 45°C.

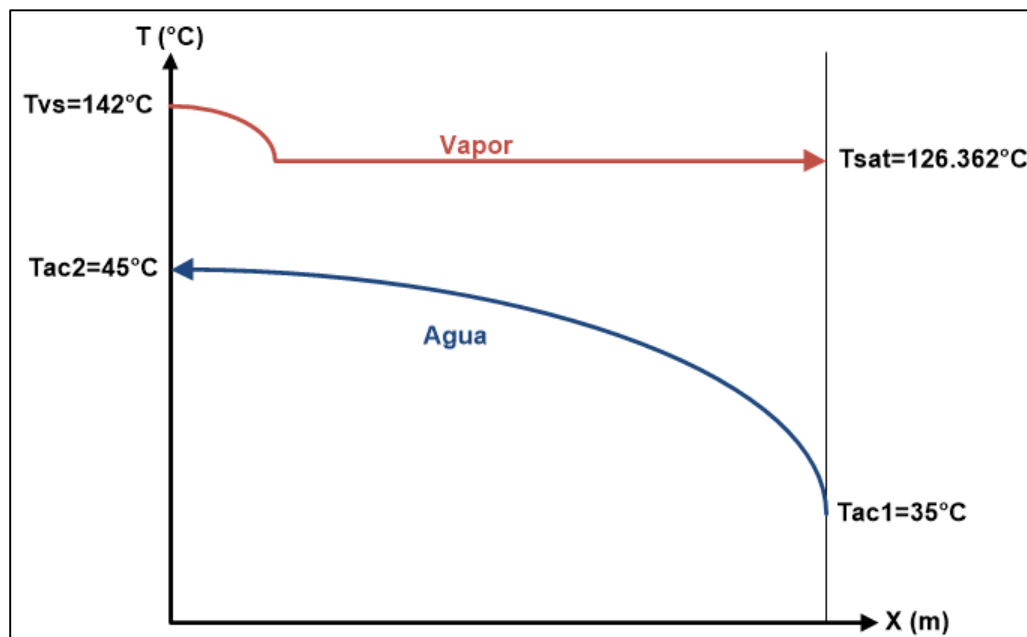


Figura 17: variación de temperatura media logarítmica en flujo cruzado.
Fuente: Elaboración propia

Tenemos:

Variación de temperatura máxima: $\Delta T_{\text{máx}} = T_{VS} - T_{ac2} = 142 - 45 = 97^{\circ}\text{C}$

Variación de temperatura mínima: $\Delta T_{\text{mín}} = T_{\text{sat}} - T_{ac1} = 126.362 - 35 = 91.362^{\circ}\text{C}$

Temperatura media:

$$T = \sqrt{(T_{VS} - T_{\text{sat}})^2 - (T_{ac2} - T_{ac1})^2}$$

$$T = \sqrt{(142^{\circ}\text{C} - 126.362^{\circ}\text{C})^2 - (45^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C})^2} = 12^{\circ}\text{C}$$

Variación de temperatura media logarítmica:

$$\Delta T_{\text{ml}} = \frac{T}{\ln\left(\frac{\Delta T_{\text{máx}} + \Delta T_{\text{mín}} + T}{\Delta T_{\text{máx}} + \Delta T_{\text{mín}} - T}\right)}$$

$$\Delta T_{\text{ml}} = \frac{12^{\circ}\text{C}}{\ln\left(\frac{97^{\circ}\text{C} + 91.362^{\circ}\text{C} + 12^{\circ}\text{C}}{97^{\circ}\text{C} + 91.362^{\circ}\text{C} - 12^{\circ}\text{C}}\right)} = 94^{\circ}\text{C}$$

- Superficie de intercambio de calor total:

$$S_{IC} = \frac{\dot{Q}_{util}}{K_G * \Delta T_{mL}}$$

$$S_{IC} = \frac{15141 * 1000 \text{ W}}{2226.80 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{°C}} * 94\text{°C}}$$

$$S_{IC} = 72.334 \text{ m}^2$$

- Número de pasos, superficie unitaria de cada tubo y longitud:

Tabla 11: Longitud de los tubos, según el número de pasos

Número de pasos, N _p	Superficie unitario, S _{unit} (m ²) $S_{unit} = \frac{S_{IC}}{N_p * N_{t/p}}$	Longitud, L (m) $L = \frac{S_{unit}}{\pi * d_{ext}}$
2	0.5319	2.81
4	0.2659	1.40
6	0.1773	0.94
8	0.1330	0.70
10	0.1064	0.56

Fuente: Análisis en Excel del número de pasos, superficie y longitud

De los valores expresados, seleccionamos los más consecuentes con el criterio de la ingeniería, seleccionando un condensador industrial, con 4 pasos, 68 tubos por cada paso y una longitud de 1.40 m por cada tubo.

- Dimensionamiento del condensador industrial

– Diámetro interior del condensador:

Luz entre los tubos: L = ½ in = 12.70 mm

Separación entre tubos: X = d_{ext} + L = 60.30 mm + 12.70 mm = 73 mm

El diámetro interior, sería:

$$D_{int} = 20 * X = 20 * 73 \text{ mm} = 1460 \text{ mm}$$

– Normalizando el diámetro del condensador industrial:

Normalizando la tubería de acero ASTM A53: D_n = 60 pulg, SCH 40

$$\text{Dimensiones Normalizadas de la tubería: } \left\{ \begin{array}{l} D_{int} = 1460.50 \text{ mm} \\ \delta_t = 31.75 \text{ mm} \\ D_{ext} = 1524 \text{ mm} \end{array} \right.$$

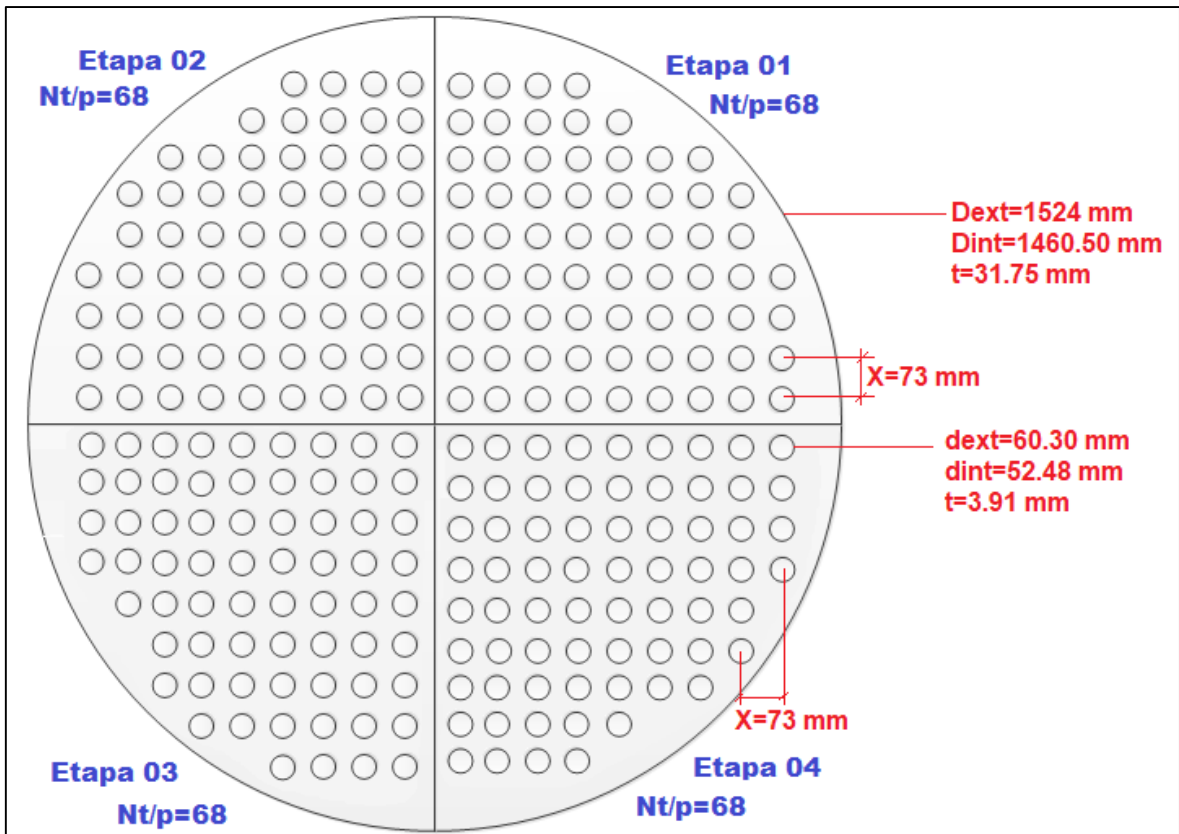


Figura 18: Configuración del condensador industrial
Fuente: Elaboración propia

3.5. DIMENSIONAR Y SELECCIONAR ESTRUCTURAS METÁLICAS, SOLDADURA, CIMIENTOS Y CONDUCTORES ELÉCTRICOS.

3.5.1. ESTRUCTURAS MÉTALICAS: Se fundamenta en el dimensionamiento y selección de los perfiles estructurales, placas, pernos y cimientos para soportar el peso de las tuberías del agua de condensado.

Peso de la tubería:

- Volumen del material acero de la tubería:

$$V_{\text{Tubería}} = \frac{\pi}{4} * (d_{\text{ext}}^2 - d_{\text{int}}^2) * L_{\text{total}}$$
$$V_{\text{Tubería}} = \frac{\pi}{4} * ((0.45720\text{m})^2 - (0.42865\text{m})^2) * 91\text{m}$$
$$V_{\text{Tubería}} = 1.81 \text{ m}^3$$

El peso de la tubería:

$$W_{\text{Tubería}} = V_{\text{Tubería}} * \gamma_{\text{acero}}$$

El peso específico del acero: $\gamma_{\text{acero}} = 76500 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$

Tenemos:

$$W_{\text{Tubería}} = 1.81\text{m}^3 * 76500 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$
$$W_{\text{Tubería}} = 138465 \text{ N}$$

Peso del agua de condensación:

Volumen del agua:

$$V_{\text{agua}} = \frac{\pi * d_{\text{int}}^2}{4} * L_{\text{total}}$$
$$V_{\text{agua}} = \frac{\pi * (0.42865\text{m})^2}{4} * 91 \text{ m}$$
$$V_{\text{agua}} = 13.13 \text{ m}^3$$

El peso del agua:

$$W_{\text{agua}} = V_{\text{agua}} * \gamma_{\text{agua}}$$

El peso específico del agua, $\gamma_{\text{agua}} = \rho_{\text{agua}} * g = 992.175 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 9733.24 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$

Tenemos:

$$W_{\text{agua}} = 13.13 \text{ m}^3 * 9733.24 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$

$$W_{\text{agua}} = 127797.44 \text{ N}$$

El peso total, que soportarían las vigas, sería:

$$W_{\text{total}} = W_{\text{Tubería}} + W_{\text{agua en}} \\ \text{acero} \quad \text{agua}$$

$$W_{\text{total}} = 138465 \text{ N} + 127797.44 \text{ N}$$

$$W_{\text{total}} = 266262.44 \text{ N}$$

Carga crítica por pandeo:

$$F. S = \frac{(P_{\text{cr}})_{\text{total}}}{W_{\text{total}}}$$

Para pandeo en estructuras el factor de seguridad recomendado es 3.

$$3 = \frac{(P_{\text{cr}})_{\text{total}}}{266262.44 \text{ N}}$$

$$(P_{\text{cr}})_{\text{total}} = 798787.32 \text{ N}$$

Para la distribución de los 91 metros de tubería de agua, se considerarán 10 vigas metálicas, con una separación media de 8.35 m entre vigas, con una altura de 6m.

$$P_{\text{cr}} = \frac{(P_{\text{cr}})_{\text{total}}}{10} = \frac{798787.32 \text{ N}}{10} = 79878.732 \text{ N}$$

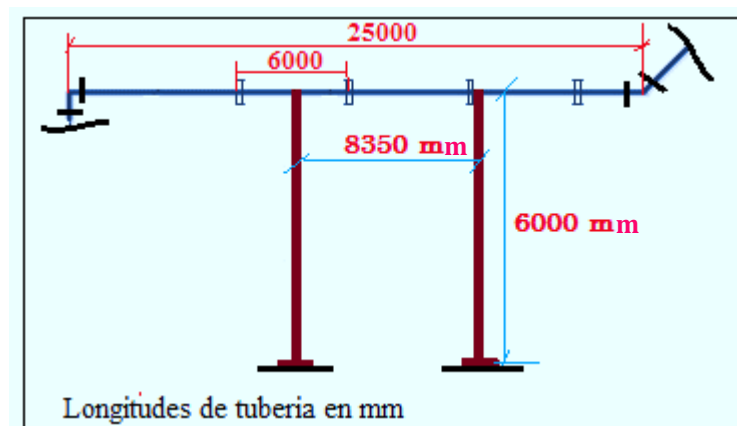


Figura 19: Separación entre vigas estructurales
Fuente: Elaboración propia

Momento de inercia:

$$I = \frac{P_{cr} * H^2}{E * \pi^2}$$

El módulo de Young del acero: $E_{acero} = 207 * \text{GPa}$

Tenemos:

$$I = \frac{(79878.732 \text{ N}) * (6 \text{ m})^2}{(207 * 10^9 \text{ Pa}) * \pi^2}$$

$$I = 1.4 * 10^{-6} \text{ m}^4 = 1.4 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Radio de giro:

$$K \leq \frac{H}{100}$$

$$K \leq \frac{6 \text{ m}}{100} = 0.06 \text{ m} = 60 \text{ mm}$$

Selección de la viga: Para la correcta selección del perfil estructural, se deben considerar dos criterios:

$$I_{\text{catalogo}} > I_{\text{calculado}}$$

$$K_{\text{catalogo}} < K_{\text{calculado}}$$

Por lo tanto, seleccionamos el perfil estructural: W200X46 ASTM A-36, el cual cumple con los criterios establecidos.

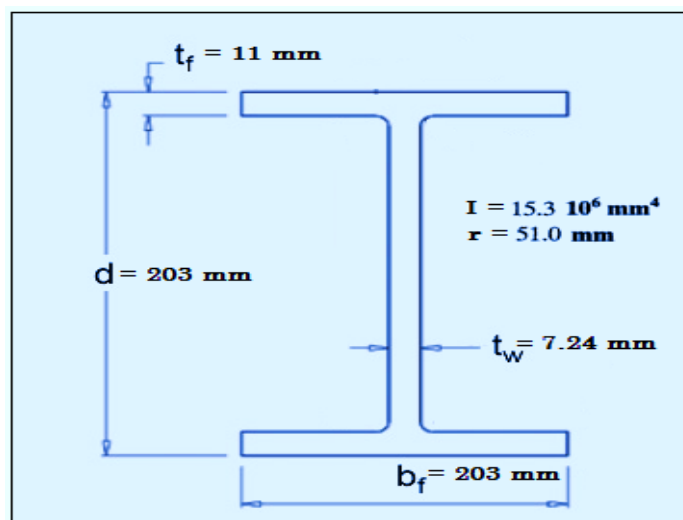


Figura 20: Perfil estructura W200x46

Fuente: Elaboración propia

Dimensionamiento y selección de los elementos de sujeción:

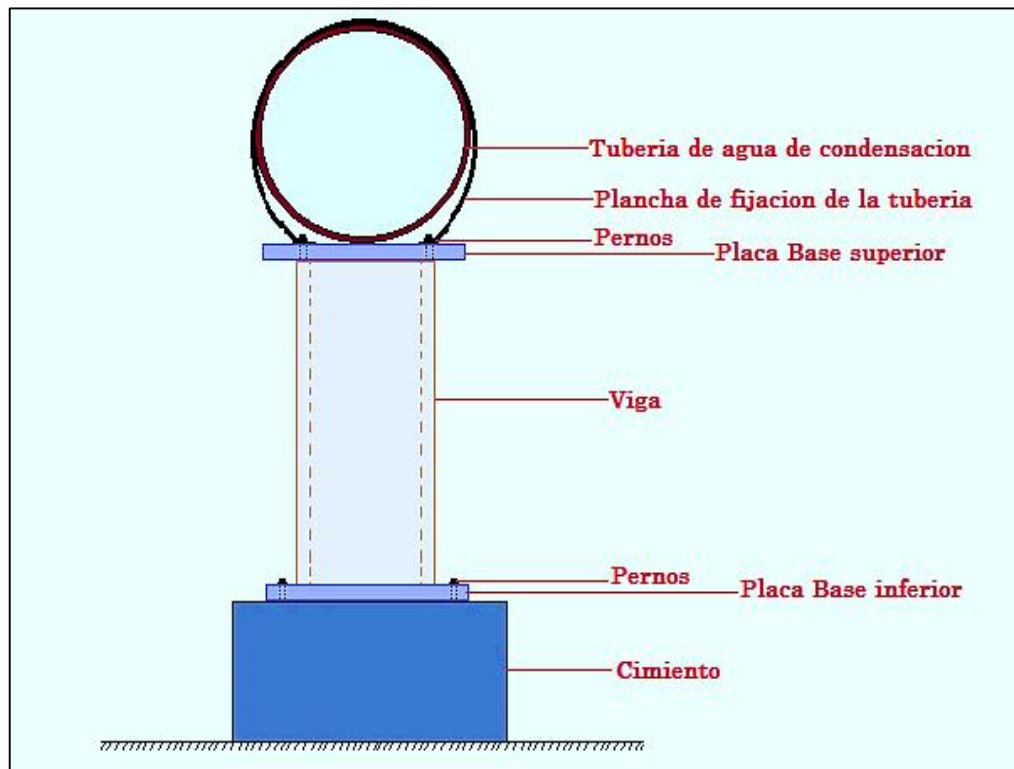


Figura 21: Elementos de sujeción de la viga
Fuente: Elaboración propia

Dimensionamiento de las placas bases:

Se tienen dos placas bases: superior e inferior, el análisis se realizará a la placa que soporta la carga máxima, siendo en este caso la placa base inferior y de esta manera evitamos la falla por flexión.

- Peso total que soporta la placa base:

$$W_p = W_{\text{viga}} + P_{cr}$$

Dónde:

Peso lineal de la viga: 46 Kg/m

$$W_{\text{viga}} = 46 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} * 6 \text{ m} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2707.56 \text{ N}$$

$$W_p = 2707.56 \text{ N} + 79878.732 \text{ N} = 82586.30 \text{ N}$$

- Espesor de la placa:

El perfil estructural seleccionado tiene un área de 203x203 mm, por lo que se considerará para la placa una superficie de 300x300mm.

Esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{W_p}{A}$$

El área cortante crítica expuesta al esfuerzo cortante es $0.3 \cdot t$

$$\tau = \frac{82586.30}{0.3 \cdot t} = \frac{275287.70}{t}$$

Las placas bases son de material ASTM A36, con un esfuerzo a la fluencia de 250 Mpa. El esfuerzo cortante máximo soportado por el material sería:

$$\tau_{\max} = \frac{S_y}{2}$$

$$\tau_{\max} = \frac{250 \cdot 10^6 \text{ Pa}}{2} = 125 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Para placas bases es recomendable factores de servicio superiores o iguales a 5.

$$n = \frac{\tau_{\max}}{\tau}$$

$$5 = \frac{125 \cdot 10^6 \text{ Pa}}{\frac{275287.70}{t}}$$

El espesor de la placa: $t = 11 \text{ mm} \rightarrow$ Normalizando: $t = \frac{1}{2} \text{ pulg} = 12.7 \text{ mm}$

En la figura 22, se muestra las dimensiones de las placas base.

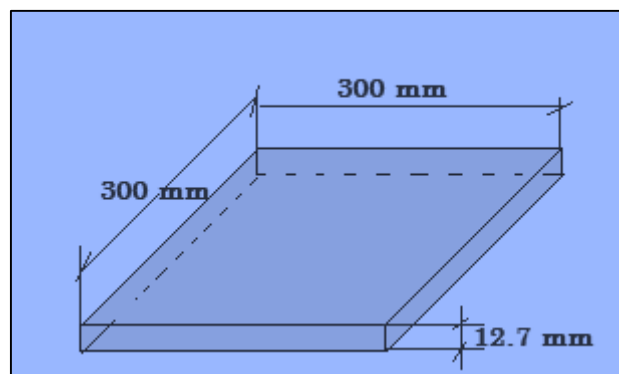


Figura 22: Dimensiones de las placas bases
Fuente: Elaboración propia

Diámetro de los pernos:

- **Fuerza de cizallamiento por cada perno:** Tenemos 4 pernos por cada placa

$$V_{\text{perno}} = \frac{W_p}{N^{\circ} \text{ pernos}} = \frac{82586.30}{4} = 20646.60 \text{ N}$$

- **Esfuerzo cortante máximo por diseño del perno:**

$$\tau_{\text{max}} = \frac{S_y}{2}$$

Los pernos son de denominación Grado SAE N° 2 con esfuerzo de fluencia de 250 MPa.

$$\tau_{\text{max}} = \frac{250 \text{ MPa}}{2}$$

$$\tau_{\text{max}} = 125 \text{ MPa}$$

- **Factor de seguridad:** Para pernos el factor de seguridad requerido mínimo es 3.

$$d = \sqrt{\frac{4 * n * V_{\text{perno}}}{\pi * \tau_{\text{max}}}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * 3 * 20646.60 \text{ N}}{\pi * 125 * 10^6 \text{ Pa}}}$$

$$d = 0.0251 \text{ m} \rightarrow \text{Normalizando } d = 25.4 \text{ mm} = 1 \text{ pulg}$$

En la figura 23, se detalla la distribución de los pernos en la placa base

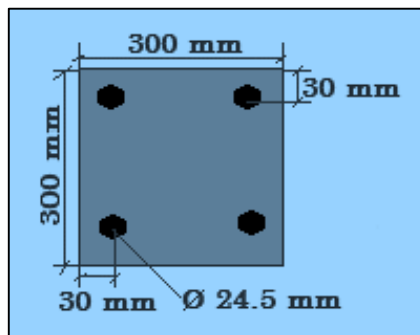


Figura 23. Ubicación de los pernos
Fuente: Elaboración propia

Dimensionamiento de la base de cimentación:

Pesos que soportaría la cimentación:

- Peso de viga:

$$W_{\text{viga}} = 2707.56 \text{ N}$$

- Peso de la carga:

$$P_{\text{cr}} = 79878.732 \text{ N}$$

- Peso de las placas:

$$P_{\text{Placas}} = 2 * (\gamma_{\text{acero}} * V_{\text{placa}})$$
$$P_{\text{Placas}} = 2 * \left(76500 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} * 0.3 \text{ m} * 0.3 \text{ m} * 0.0127 \text{ m} \right)$$
$$P_{\text{Placas}} = 174.88 \text{ N}$$

- El peso total que soportaría la cimentación:

$$F_t = W_{\text{viga}} + P_{\text{cr}} + P_{\text{Placas}}$$
$$F_t = 2707.56 \text{ N} + 79878.732 \text{ N} + 174.88 \text{ N}$$
$$F_t = 82761.172 \text{ N}$$

- Altura y ancho de los cimientos:

El ancho y la altura de la cimentación se pueden determinar, según la formulación:

$$b^2 = \frac{F_t}{(\sigma_{\text{adm}})_{\text{terreno}} - \gamma_{\text{terreno}} * e}$$

Dónde:

b: largo y ancho de la cimentación

e: profundidad del cimiento, $e=b/2$

Esfuerzo admisible del terreno, 380 KPa

Peso específico del terreno, 22 KN/m³

$$b^2 = \frac{82761.172 \text{ N}}{(380 * 10^3 \text{ Pa}) - (22 * 10^3) * \frac{b}{2}}$$

$$b = 0.473 \text{ m} = 473 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm}$$

La profundidad del cimiento:

$$e = \frac{b}{2} = \frac{500 \text{ mm}}{2} = 250 \text{ mm}$$

En la figura 19. Se muestran las dimensiones del cimiento:

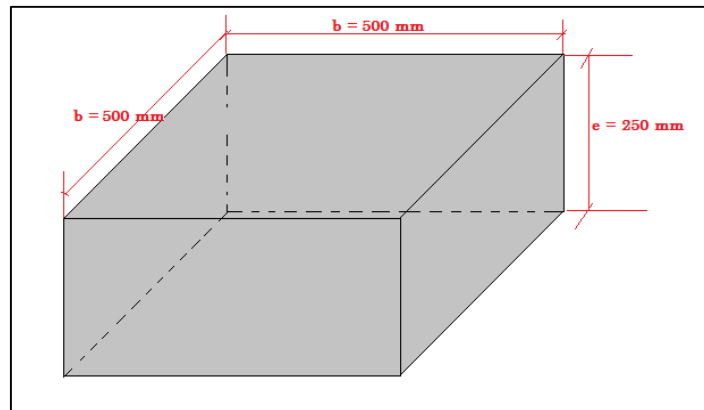


Figura 24: Dimensiones del cimiento
Fuente: Elaboración propia

Corroboración de la resistencia de la base de concreto:

$$\sigma_{\text{efectuado}} < (\sigma_{\text{adm}})_{\text{terreno}}$$

$$\frac{F_t}{A} < 380 \text{ KPa}$$

$$\frac{F_t}{b * b} < 380 \text{ KPa}$$

$$\frac{82761.172 \text{ N}}{(0.5 \text{ m} * 0.5 \text{ m})} < 380 \text{ KPa}$$

$$331 \text{ KPa} < 380 \text{ KPa}$$

Se concluye que el las dimensiones de la cimentación son correctas.

3.5.2. ANÁLISIS DE SOLDADURA:

Soldadura para los perfiles de la viga:

El peso del conjunto: agua de refrigeración, material de la tubería de condensación y estructura, originan cargas axiales en las placas bases inferior y superior. Asimismo, están sometidas al momento flexionante generado por la fuerza del viento en la cara lateral de la tubería de agua, produciendo de esta manera esfuerzos cortantes en el área de la soldadura.

- Presión del viento:

El Código Nacional de Edificación, especifica que para altura inferiores a 9m, la presión del viento en promedio es 0.75 Kpa, con un factor de corrección de 0.6 si la fuerza aplicada del viento es sobre una tubería.

$$P_{\text{viento}} = (0.75 \text{ KPa}) * (0.6)$$

$$P_{\text{viento}} = 0.45 \text{ KPa} = 450 \text{ Pa}$$

- Fuerza del viento:

La fuerza total del viento en la tubería, la calcularemos tomando el área lateral de la tubería donde va actuar la presión del viento:

$$(F_{\text{viento}})_{\text{total}} = P_{\text{viento}} * A_{\text{lateral tubería}}$$

El área lateral de la tubería:

$$A_{\text{lateral tubería}} = \pi * d_{\text{ext}} * L_{\text{total}}$$

$$A_{\text{lateral tubería}} = \pi * 0.45720 \text{ m} * 91 \text{ m}$$

$$A_{\text{lateral tubería}} = 130.706 \text{ m}^2$$

La fuerza total del viento sobre el área lateral de la tubería es:

$$(F_{\text{viento}})_{\text{total}} = 450 \text{ Pa} * 130.706 \text{ m}^2$$

$$(F_{\text{viento}})_{\text{total}} = 58817.7 \text{ N}$$

Cabe indicar que la fuerza ejercida por el viento, ocasiona una fuerza cortante o de cizallamiento entre las uniones del perfil estructural y la placa base.

- Fuerza del viento por cada viga:

$$V_{\text{viento}} = \frac{(F_{\text{viento}})_{\text{total}}}{N_{\text{vigas}}} = \frac{58817.7 \text{ N}}{10 \text{ vigas}}$$

$$V_{\text{viento}} = 5881.77 \text{ N}$$

- Superficie de la soldadura:

La soldadura será de tipo cordón y el tamaño de la soldadura será ¼ in (6.35 mm) para rangos comprendidos entre ½ in a ¾ in.

$$A = 1.414 h(b + d)$$

$$A = 1.414 * (0.00635 \text{ m}) * (0.203 \text{ m} + 0.203 \text{ m})$$

$$A = 3.645 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

- Esfuerzo cortante en la soldadura:

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$\tau = \frac{5881.77 \text{ N}}{3.645 * 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$\tau = 1.614 \text{ MPa}$$

- Momento de Inercia unitario:

$$I_u = \frac{d^2}{6} (3b + d)$$

$$I_u = \frac{(0.203)^2}{6} (3 * 0.203 + 0.203)$$

$$I_u = 5.577 * 10^{-3} \text{m}^3$$

- Momento de Inercia basado en la garganta de la soldadura:

$$I = 0.707 * h * I_u$$

$$I = 0.707 * (0.00635 \text{ m}) (5.577 * 10^{-3} \text{m}^3)$$

$$I = 2.504 * 10^{-5} \text{m}^4$$

- Momento flector produce un esfuerzo normal por flexión:

$$\sigma_{\max} = \frac{W_p}{A_{\text{viga}}} + \frac{M * C}{I}$$

Dónde:

- $W_p = 82518.06 \text{ N}$
- $A_{\text{viga}} = 5890 \text{ mm}^2$ (Area transversal de la viga W 200 * 46)
- $M = V * H = (5881.77 \text{ N})(6 \text{ m}) = 35290.62 \text{ N.m}$
- $C = \frac{b}{2} = \frac{0.203 \text{ m}}{2} = 0.1015 \text{ m}$
- $I = 2.504 * 10^{-5} \text{m}^4$

Remplazando:

$$\sigma_{\max} = \frac{82518.06 \text{ N}}{5890 * 10^{-6} \text{m}^2} + \frac{(35290.62 \text{ N.m}) * (0.1015 \text{ m})}{2.504 * 10^{-5} \text{m}^4}$$

$$\sigma_{\max} = 157.1 \text{ MPa}$$

- Esfuerzo cortante máximo en la soldadura:

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\max}}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{157.1}{2}\right)^2 + (1.614)^2}$$

$$\tau_{\max} = 78.57 \text{ MPa}$$

- Factor de seguridad:

El electrodo sería de denominación E7018 1/4in, con una resistencia a la fluencia de 384 MPa.

$$n = \frac{S_{Sy}}{\tau_{\max}} = \frac{0.5 S_y}{\tau_{\max}}$$

$$n = \frac{0.5 * 384 \text{ MPa}}{78.57 \text{ MPa}} = 2.44$$

La Sociedad Americana de Soldadura, especifica que el mínimo factor de seguridad requerido en uniones soldadas es 1.44. Por lo cual podemos concluir que el valor de 2.44 es satisfactorio.

- Cantidad de soldadura a utilizar en perfiles:

Masa de la soldadura:

$$m_{\text{soldadura}} = \frac{\rho_S * V_S}{\eta_{\text{arco}}} * f. S$$

Volumen de la soldadura,

$$V_S = A_S * L_{\text{cordon}}$$

El área del cordón de soldadura lo aproximaremos a un cuadrado, por lo tanto:

$$A_S = h^2$$

Remplazando el volumen y el área en la masa de la soldadura tenemos:

$$m_{\text{soldadura}} = \frac{\rho_S * h^2 * L_{\text{cordon}} * f. S}{\eta_{\text{arco}}}$$

Datos:

- Densidad de la soldadura promedio: $\rho_S = 7850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$
- Tamaño de la soldadura: $h = 0.00635 \text{ m}$
- Longitud del cordón: Tal como se detalla en la figura

$$L_{\text{cordon}} = (203 * 4 - 2 * 7.24) + (11 * 4) + (2 * 181) = 1203.52 \text{ mm}$$

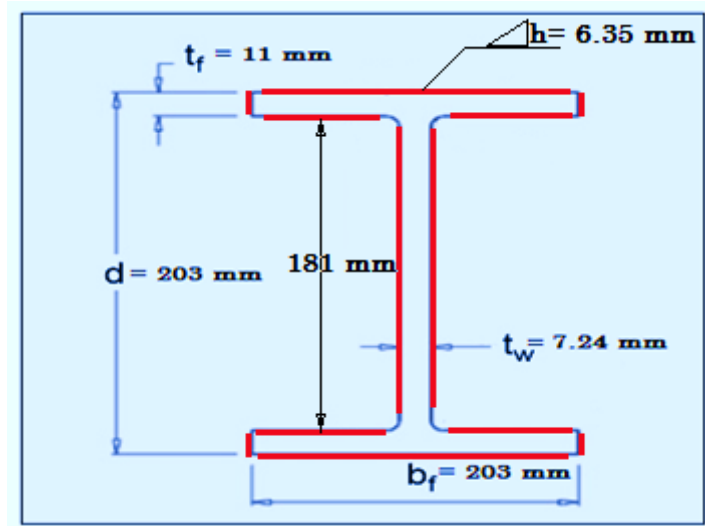


Figura 25. Cordones del perfil estructural
Fuente: Elaboración propia

Tenemos:

$$m_{\text{soldadura}} = \frac{\left(7850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) * (0.00635 \text{ m})^2 * (1203.52 * 10^{-3} \text{ m}) * 1.2}{0.70}$$

$$m_{\text{soldadura}} = 0.65 \frac{\text{Kg}}{\text{perfil}}$$

Tenemos 20 perfiles, por lo tanto sería:

$$(m_{\text{soldadura}})_{\text{vigas}} = \frac{m_{\text{soldadura}}}{\text{perfil}} * n_{\text{perfiles}}$$

$$(m_{\text{soldadura}})_{\text{vigas}} = 0.65 \text{ Kg} * 20$$

$$(m_{\text{soldadura}})_{\text{vigas}} = 13 \text{ Kg}$$

Cantidad de soldadura a utilizar para la unión entre tuberías:

Datos:

- Densidad de la soldadura promedio: $\rho_s = 7850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$
- Tamaño de la soldadura: $h = 0.00635 \text{ m}$
- Longitud del cordón: en referencia al perímetro diametral exterior de la tubería

$$L_{\text{cordon}} = \pi * d_{\text{ext}}$$

$$L_{\text{cordon}} = \pi * 0.4572 \text{ m} = 1.436 \text{ m}$$

La masa a utilizar por perfil:

$$m_{\text{soldadura}} = \frac{\left(7850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) * (0.00635 \text{ m})^2 * (1.436 \text{ m}) * 1.2}{0.70}$$
$$m_{\text{soldadura}} = 0.78 \frac{\text{Kg}}{\text{perfil}}$$

La longitud total de la tubería de agua de refrigeración es 91 metros, pero cada tubería tiene 6 metros, por lo tanto el número de perfiles biselados serian 32.

$$(m_{\text{soldadura}})_{\text{tuberias}} = \frac{m_{\text{soldadura}}}{\text{perfil}} * n_{\text{perfiles}}$$
$$(m_{\text{soldadura}})_{\text{tuberias}} = 0.78 \text{ Kg} * 32$$
$$(m_{\text{soldadura}})_{\text{tuberias}} = 25 \text{ Kg}$$

Cantidad de soldadura a utilizar para la unión entre tuberías y codos:

Datos:

- Densidad de la soldadura promedio: $\rho_s = 7850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$
- Tamaño de la soldadura: $h = 0.00635 \text{ m}$
- Longitud del cordón: en referencia al perímetro diametral exterior de la tubería

$$L_{\text{cordon}} = \pi * d_{\text{ext}}$$
$$L_{\text{cordon}} = \pi * 0.4572 \text{ m} = 1.436 \text{ m}$$

La masa a utilizar por perfil:

$$m_{\text{soldadura}} = \frac{\left(7850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) * (0.00635 \text{ m})^2 * (1.436 \text{ m}) * 1.2}{0.70}$$
$$m_{\text{soldadura}} = 0.78 \frac{\text{Kg}}{\text{perfil}}$$

A lo largo de 91 metros de la tubería, están situados 7 codos, por lo cual tendríamos 28 perfiles biselados.

$$(m_{\text{soldadura}})_{\text{codos}} = \frac{m_{\text{soldadura}}}{\text{perfil}} * n_{\text{perfiles}}$$

$$(m_{\text{soldadura}})_{\text{codos}} = 0.78 \text{ Kg} * 28$$

$$(m_{\text{soldadura}})_{\text{codos}} = 22 \text{ Kg}$$

Cantidad de soldadura a utilizar para la unión entre tuberías y válvulas:

Datos:

- Densidad de la soldadura promedio: $\rho_s = 7850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$
- Tamaño de la soldadura: $h = 0.00635 \text{ m}$
- Longitud del cordón, es el perímetro exterior de la tubería

$$L_{\text{cordon}} = \pi * d_{\text{ext}}$$

$$L_{\text{cordon}} = \pi * 0.4572 \text{ m} = 1.436 \text{ m}$$

La masa a utilizar por perfil:

$$m_{\text{soldadura}} = \frac{\left(7850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) * (0.00635 \text{ m})^2 * (1.436 \text{ m}) * 1.2}{0.70}$$

$$m_{\text{soldadura}} = 0.78 \frac{\text{Kg}}{\text{perfil}}$$

A lo largo de 91 metros de la tubería, están situados 5 válvulas, por lo cual tendríamos 20 perfiles biselados.

$$(m_{\text{soldadura}})_{\text{valvulas}} = \frac{m_{\text{soldadura}}}{\text{perfil}} * n_{\text{perfiles}}$$

$$(m_{\text{soldadura}})_{\text{valvulas}} = 0.78 \text{ Kg} * 20$$

$$(m_{\text{soldadura}})_{\text{valvulas}} = 16 \text{ Kg}$$

Cantidad de soldadura a utilizar para las cartelas:

Datos:

- Densidad de la soldadura promedio: $\rho_s = 7850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$
- Tamaño de la soldadura: $h = 0.00635 \text{ m}$

– Longitud del cordón:

$$L_{\text{cordon}} = 2(0.3 + 0.045)\text{m} = 0.69\text{m}$$

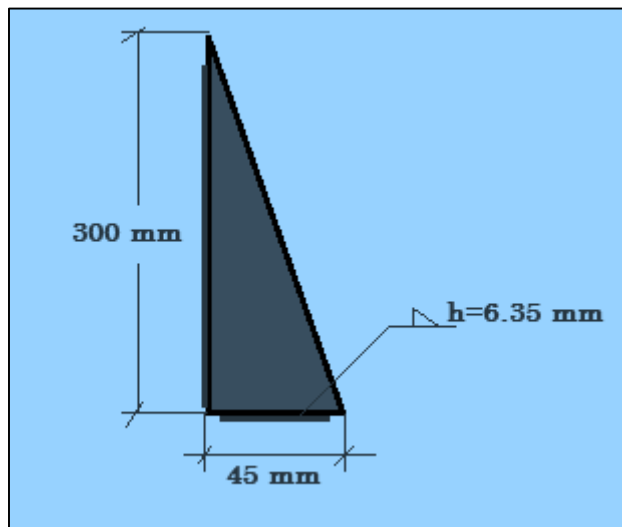


Figura 26. Dimensiones de la Cartela
Fuente: Elaboración propia

La masa a utilizar por perfil:

$$m_{\text{soldura}} = \frac{\left(7850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) * (0.00635 \text{ m})^2 * (0.69) * 1.2}{0.70}$$

$$m_{\text{soldura}} = 0.37 \frac{\text{Kg}}{\text{perfil}}$$

Se cuenta con 10 estructuras metálicas y por cada una tenemos 4 cartelas, por lo consiguiente tendríamos un total de 40 perfiles.

$$(m_{\text{soldura}})_{\text{cartelas}} = \frac{m_{\text{soldura}}}{\text{perfil}} * n_{\text{perfiles}}$$

$$(m_{\text{soldura}})_{\text{cartelas}} = 0.37 \text{ Kg} * 40$$

$$(m_{\text{soldura}})_{\text{cartelas}} = 15 \text{ Kg}$$

La cantidad de soldadura supercito a emplear sería:

$$m_{\text{total}} = (13 + 25 + 22 + 16 + 15)\text{Kg}$$

$$m_{\text{total}} = 91 \text{ Kg}$$

- Periodo o tiempo de soldado:

En promedio la velocidad de soldado requerida es 1.5 Kg/h, por lo consiguiente las horas a emplear serian:

$$t_{\text{soldar}} = \frac{91 \text{ Kg}}{1.5 \text{ Kg/h}} = 61 \text{ h}$$

3.5.3. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DEL CONDUCTOR ELÉCTRICO, DESDE EL GENERADOR ELÉCTRICO HACIA EL TRANSFORMADOR DEL SEIN

Potencia aparente:

$$S_n = \frac{P_{(\text{venta})}}{\cos\phi}$$

Tenemos:

El factor de potencia del transformador es de 0.80

Remplazando:

$$S_n = \frac{3000 \text{ KW}}{0.8} = 3750 \text{ KVA} \cong 4000 \text{ KVA}$$

- Intensidad eléctrica nominal:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n}$$

Tenemos:

Potencia aparente: $S_n = 6000 \text{ KVA}$

Voltaje nominal: $U_n = 10 \text{ KV}$

$$I_n = \frac{4000 \text{ KVA}}{\sqrt{3} * 10 \text{ KV}}$$

$$I_n = 231 \text{ A}$$

- Corriente de diseño:

$$I_d = \frac{I_n}{F_1 * F_2 * F_3}$$

Tenemos:

Factor de corrección por temperatura, $F_1 = 0.91$

Factor de corrección por resistencia del terreno, $F_2 = 0.92$

Factor de corrección por profundidad de enterrado del cable, $F_3 = 0.93$

$$I_d = \frac{231 \text{ A}}{0.91 * 0.92 * 0.93}$$
$$I_d = 296.7 \text{ A}$$

Seleccionamos del proveedor comercial Indeco, calibre 3-1*95mm², del tipo N2XSY 8.7/15KV, con una capacidad nominal de 360 A enterrado.

- Verificación de la sección del cable por capacidad de corriente:

$$I_{\max} > I_d$$

$$360 \text{ A} > 296.7 \text{ A}$$

Se concluye que el conductor no fallara por capacidad de corriente.

- Verificación de la sección del cable por caída de tensión:

Del catálogo de Indeco, tenemos:

*Tabla 12: Parámetros eléctricos del conductor N2XSY, 3 – 1 * 95 mm²*

Parámetros	Símbolo	Valor	Unidad
Resistencia eléctrica a 20°C en A.C	$R_{20^\circ\text{C}}$	0.247	Ohm/Km
Reactancia inductiva	X_L	0.2474	Ohm/Km
Temperatura del suelo	T_s	20	°C
Temperatura de operación	T_p	90	°C
Coefficiente térmico del cobre	α	$3.93 * 10^{-3}$	°C ⁻¹
Corriente nominal	I_{\max}	360	A

La resistencia a 70°C:

$$R_{70^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} * (1 + \alpha * \Delta T)$$

Dónde, la temperatura de operación: $\Delta T = T_p - T_s = 90 - 20 = 70^\circ\text{C}$

Reemplazando:

$$R_{70^{\circ}\text{C}} = 0.247 \frac{\text{Ohm}}{\text{Km}} * (1 + 3.93 * 10^{-3}\text{C}^{-1} * 70^{\circ}\text{C})$$

$$R_{70^{\circ}\text{C}} = 0.315 \frac{\text{Ohm}}{\text{Km}}$$

La impedancia:

$$Z = \sqrt{R_{70^{\circ}\text{C}}^2 + X_L^2}$$

$$Z = \sqrt{\left(0.315 \frac{\text{Ohm}}{\text{Km}}\right)^2 + \left(0.2474 \frac{\text{Ohm}}{\text{Km}}\right)^2}$$

$$Z = 0.40 \frac{\text{Ohm}}{\text{Km}}$$

Factor de potencia:

$$\cos\varphi = \frac{R_{70^{\circ}\text{C}}}{Z} \rightarrow \varphi = \arccos\left(\frac{R_{70^{\circ}\text{C}}}{Z}\right)$$

$$\varphi = \arccos\left(\frac{0.315 \frac{\text{Ohm}}{\text{Km}}}{0.40 \frac{\text{Ohm}}{\text{Km}}}\right)$$

$$\varphi = 38^{\circ}$$

Longitud del conductor es: 0.500 Km

La caída de tensión en los conductores, se determina:

$$\Delta U_{\text{cd}} = \sqrt{3} * I_d * L * (R_{70^{\circ}\text{C}} * \cos\varphi + X_L * \text{sen}\varphi)$$

$$\Delta U_{\text{cd}} = \sqrt{3} * 296.7 \text{ A} * 0.5 \text{ Km} * \left(0.315 \frac{\text{Ohm}}{\text{Km}} * \cos(38^{\circ}) + 0.2474 \frac{\text{Ohm}}{\text{Km}} * \text{sen}(38^{\circ})\right)$$

$$\Delta U_{\text{cd}} = 103 \text{ V}$$

Caída de voltaje admisible permitida:

$$\Delta U_{\text{adm}} \approx 3.5\% * U_n$$

$$\Delta U_{\text{adm}} \approx 0.035 * (10\text{KV})$$

$$\Delta U_{adm} \approx 350V$$

Tenemos:

$$\Delta U_{cd} < \Delta U_{adm}$$

$$103 V < 350V$$

Se puede concluir que por caída de tensión, no fallará el conductor eléctrico seleccionado.

- Verificación de la sección del cable por corto circuito:

$$I_{cc} = \frac{P_{CC}}{\sqrt{3} * U_n}$$

Potencia de corto circuito del cobre: 130MVA.

$$I_{cc} = \frac{130 * 10^3 KVA}{\sqrt{3} * 10 KV}$$

$$I_{cc} = 7506 A$$

Superficie transversal en corto circuito:

$$S_{CC} = \frac{I_{cc}}{13 * \left(\frac{\Delta \epsilon}{t}\right)^{0.5}}$$

Dónde:

$\Delta \epsilon$: Incremento de temperatura a efecto de C.C, para el Cu es 150°C

t: Tiempo de duración del corto circuito, promedio 20ms

$$S_{CC} = \frac{7506 A}{13 * \left(\frac{150}{0.02}\right)^{0.5}}$$

$$S_{CC} = 6.7 \text{ mm}^2$$

Tenemos:

$$S_{CC} < S$$

$$6.7 \text{ mm}^2 < 95 \text{ mm}^2$$

Se concluye que el conductor seleccionado, no fallará por corto circuito.

3.6. ANÁLISIS ECONÓMICO

3.6.1. COSTO EN AHORRO DE COMBUSTIBLE (BAGAZO DE CAÑA) PARA LA PRODUCCIÓN DE 3000 KW

$$C_{\text{bagazo}} = \Delta \dot{m}_{\text{bagazo}} * T_p * C_{\text{unit.Bag}}$$

Datos:

- Ahorro del flujo másico de bagazo, $\Delta \dot{m}_{\text{bagazo}} = 4.90 \frac{\text{TM}}{\text{h}}$
- Tiempo de operación del caldero, $T_p = 8400 \text{ horas/año}$
- Costo unitario del bagazo, $C_{\text{unit.Bag}} = 20.00 \text{ S/. /TM}$

Sustituyendo:

$$C_{\text{bagazo}} = 4.90 \frac{\text{TM}}{\text{h}} * 8400 \frac{\text{h}}{\text{año}} * 20.00 \frac{\text{S/.}}{\text{TM}}$$
$$C_{\text{bagazo}} = 823200.00 \frac{\text{S/.}}{\text{año}}$$

3.6.2. BENEFICIO EN COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA:

$$B_{\text{neto}} = P_{(\text{venta})} * T_p * C_{\text{unit.E}}$$

Datos:

- Potencia eléctrica vendida, $P_{(\text{venta})} = 3000 \text{ KW}$
- Tiempo de operación del caldero, $T_p = 8400 \text{ horas/año}$
- Costo unitario del bagazo, $C_{\text{unit.Bag}} = 57.60 \frac{\text{US\$}}{\text{MWh}} = 0.195 \frac{\text{S/.}}{\text{KWh}}$
- Tipo de cambio: $1\text{US\$} = \text{S/. } 3.38$

Sustituyendo:

$$B_{\text{neto}} = 3000 \text{ KW} * 8400 \frac{\text{h}}{\text{año}} * 0.195 \frac{\text{S/.}}{\text{KWh}}$$
$$B_{\text{neto}} = 4914000.00 \frac{\text{S/.}}{\text{año}}$$

3.6.3. COSTOS DE FUNCIONAMIENTO

Tabla 13: Costos de funcionamiento de la planta termoeléctrica Agrolmos S.A

COSTOS DE MANTENIMIENTO	
Equipo	Costo (S./año)
Condensador Industrial	60000.00
Torre de enfriamiento	80000.00
Turbogenerador	90000.00
Accesorios eléctricos	40000.00
Accesorios térmicos	40000.00
Sub total en costos de mantenimiento	310000.00
COSTOS EN SUELDOS Y SALARIOS	
Recursos	Costo (S./año)
Número de personal operativo	8/turno
Número de turnos	3 turnos
Sueldo unitario promedio	2500.00 S./mes
Número de aguinaldos	2 vez/año
Sub total en costos de sueldos y salarios	840000.00
COSTOS EN INSUMOS DIRECTOS E INDIRECTOS	
Insumo	Costo (S./año)
En sistema térmico	50000.00
En sistema eléctrico	50000.00
Sub total en insumos directos e indirectos	100000.00
TOTAL EN COSTOS DE FUNCIONAMIENTO, CF	1250000.00

Fuente: Departamento de mantenimiento, Agrolmos S.A

3.6.4. BENEFICIO ÚTIL DEL PROYECTO:

$$B_{\text{útil}} = B_{\text{neto}} + C_{\text{bagazo}} - C_{\text{F}}$$

$$B_{\text{útil}} = 4914000.00 \frac{\text{S/}}{\text{año}} + 823200.00 \frac{\text{S/}}{\text{año}} - 1250000.00 \frac{\text{S/}}{\text{año}}$$

$$B_{\text{útil}} = 4487200.00 \frac{\text{S/}}{\text{año}}$$

3.6.5. INVERSIÓN DEL PROYECTOS

Tabla 14: Inversión en activos fijos del proyecto

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (US\$)	PRECIO TOTAL (US\$)
CONDENSADOR INDUSTRIAL			79172.32
Tubos ASTM A53 grado A al Si, SCH=40, Dn= 2in (dext=60.30 mm, t=3.91mm, dint=52.48mm), L=1.40mm	4*68	170.44	46359.68
Carcasa ASTM A53 grado A al Si, SCH=40, Dn= 60in (Dext=1524 mm, t=31.75mm, dint=1460.50 mm)	1	3022.12	3022.12
Placa ASTM A-53 grado A al Sí, t: 1/8 in, d=60.30mm, 89 agujeros	8	525.72	4205.76
Soldadura a tope, electrodo E7018, Sy:70 Kpsi	30 Kg	19.27	578.10
Cimientos de concreto L=2m, A=2m	1	980.50	980.50
Accesorios térmicos	1	1000.00	1000.00
Accesorios mecánicos	1	2500.00	2500.00
Mano de obra (35% de los costos)	1	11006.156	20526.16
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO			538958.45
Torre Sicrea Coolpack SR 2920/OU-1T-C70.34, Qn=2820 Ton Torre, Vn=720 m3/h, L=6m, A=4.8m, H=5.6m, P=5000Kg	2	174553.75	349107.50
Bomba centrífuga Hidrostral, modelo 200-400, P=75 HP, HB=23m, Q=182.50 lt/s, n=1185 rpm.	2	3583.58	7167.16

Motor eléctrico trifásico Jaula Ardilla Delcrosa, modelo 280 S/M, P=100HP, NP=6, U=380V	2	4333.67	8667.34
Accesorios de protección, Relay, Contactor, fusibles, Interruptor, In=238A,P=100 HP	2	544.16	1088.32
Conductor eléctrico, Indeco NYY 3-1*120mm ² , I=382 A, L=150 m	2	750.00	1500.00
Vigas W200*46 ASTM A-36	10	311.12	3111.20
Cimientos de concreto 500x500x250mm, Sadm: 380 KPa	10	115.45	1154.50
Pernos grado ISO 898 clase 5.8 d: 1 in, Sy: 54Kpsi	40	11.35	454.00
Placa ASTM A-36, t=1/2 in, L=300m, A=300mm	20	23.21	464.20
Cuerda sujeción ASTM A-36, D=18 in, t=1in	10	44.23	442.30
Tubería de agua de condensación ASTM A53 grado A al Si, SCH=40 Dn=18in (dext=457.20 mm, t=14.27mm, dint=428.65 mm)	91m	254.32	23143.12
Válvula compuerta acero comercial, D=457.20, Q=182.50 lt/s	4	112.12	448.48
Codo lardo acero comercial, D=457.20, Q=182.50 lt/s	4	86.34	345.36
Codo 90° acero comercial, D=457.20, Q=182.50 lt/s	3	75.44	226.32
Válvula check acero comercial, D=457.20, Q=182.50 lt/s	1	155.11	155.11
Soldadura E7018 ¼ in, 384 Mpa, m=91 Kg	91Kg	19.27	1753.57
Mano de obra (35% de los costos)	1	139729.97	139729.97
CONDUCTOR ELÉCTRICO GENERADOR – TRANSFORMADOR (SEIN)			7255.00
Conductor eléctrico, Indeco N2YSY 3-1*95mm ² , I=360 A, L=500 m,	1	5455.00	5455.00

U=10KV			
Mano de obra (cable enterrado)	1	1800.00	1800.00
			625385.77

Fuente: Departamentos de logística y mantenimiento, Agrolmos S.A, 2018

3.6.6. RETORNO OPERACIONAL DE LA INVERSIÓN

$$R.O.I = \frac{\text{Inversión del proyecto}}{\text{Beneficio útil}}$$

- Inversión del proyecto: 625385.77 US\$ = S/. 2113804.00

- Beneficio útil: 1327574.00 US\$/año = 4487200.00 S/. /año

Sustituyendo:

$$R.O.I = \frac{625385.77 \text{ US\$}}{1327574.00 \text{ US\$/año}}$$

$$R.O.I = 0.50 \text{ años} = 6 \text{ meses}$$

3.7. ANÁLISIS FINANCIERO:

El análisis financiero, se fundamentará en las herramientas VAN (valor actual neto) y TIR (tasa interna de rentabilidad) para determinar la viabilidad del proyecto.

Datos para el análisis:

- Periodo de financiamiento: Se establece dentro del tiempo mínimo esperado, sin que los equipos o accesorios seleccionados en la inversión hallan envejecido según su vida útil, $t=15$ años
- Tasa: Valor de financiamiento promedio en el mercado, $r=11\%$ (Superintendencia de Banca, Seguros y AFP)
- Flujos de caja: Es el beneficio anual logrado del proyecto en los 15 años sin que falle ningún activo físico, $F_t= 1327574.00 \text{ US\$/año}$
- Desembolso inicial: Es la inversión del proyecto, $I_0=625385.77 \text{ US\$}$

En la tabla 15, se muestran los resultados del análisis financieros, con un VAN=8921026.00 US\$ y TIR=212%, resultando viable el proyecto de cogeneración de energía eléctrica para la venta al SEIN.

Tabla 15: Herramientas financieras del proyecto

PLANTA AGROLMOS S.A ANÁLISIS DE VIABILIDAD FINANCIERO CÁLCULO DEL VAN Y TIR		
Años	Flujo de Fondos	Movimientos en el Periodo - Año
Inversión	-\$625,385.77	Costo Inicial del Proyecto
1	\$1,327,574.00	Beneficios Netos anuales
2	\$1,327,574.00	Beneficios Netos anuales
3	\$1,327,574.00	Beneficios Netos anuales
4	\$1,327,574.00	Beneficios Netos anuales
5	\$1,327,574.00	Beneficios Netos anuales
6	\$1,327,574.00	Beneficios Netos anuales
7	\$1,327,574.00	Beneficios Netos anuales
8	\$1,327,574.00	Beneficios Netos anuales
9	\$1,327,574.00	Beneficios Netos anuales
10	\$1,327,574.00	Beneficios Netos anuales
11	\$1,327,574.00	Beneficios Netos anuales
12	\$1,327,574.00	Beneficios Netos anuales
13	\$1,327,574.00	Beneficios Netos anuales
14	\$1,327,574.00	Beneficios Netos anuales
15	\$1,327,574.00	Beneficios Netos anuales
Total Ingresos	\$19,913,610	
Tasa de Interés:	11.00%	
TIR	212%	Tasa interna de Retorno
VAN	\$ 8,921,026	Valor Actual Neto

IV. DISCUSIÓN

En el estudio de Paredes (2010), titulado: “Estudio de factibilidad técnica económica para el cambio de un sistema de cogeneración industrial eléctrico-térmico a un sistema de cogeneración comercial en la empresa Cartavio S.A.A.”, se cambió la turbina a contrapresión de 10 MW por una nueva con un rango mayor de potencia 15MW. Obteniendo 5600 KW para el consumo interno de la planta termoeléctrica y 4500 KW para la inyección del SEIN (Sistema Eléctrico Interconectado Nacional), con un total de producción de 10100 KW de energía eléctrica, consumiendo el 95% de la producción de bagazo de caña de azúcar, concluyendo que se puede comercializar al SEIN 36135 MWh/año, a un precio de venta de 60 US\$/MWh según lo establecido por Osinergmin, obteniendo un beneficio total de 2168100.00 US\$/año, con una inversión de US\$ 1200350.00 y un retorno operacional de la inversión de 5.2 años, con un valor actual neto de US\$ 2100000.00 y una tasa interna de rentabilidad de 40%. En comparación a los objetivos 01, 02, 03, 06 y 07 del presente estudio la empresa Agrolmos S.A cuenta con un turbogenerador a contrapresión el cual produce 7500 KW de energía eléctrica, pero se aumentó la producción de potencia eléctrica al valor de 10500 KW, cogenerando un excedente de 3000 KW para la venta al SEIN, no siendo necesaria la adquisición de una turbina ya que la actual turbina tiene una capacidad nominal de 18.8 MW, consumiendo el 58% de la producción de bagazo, concluyendo que se pueden vender al SEIN 25200 MWh/año a un precio de 57.60 US\$/MWh, logrando un beneficio útil de 1327574.00 US\$/año, una inversión en activos fijos de US\$ 625385.77, lo que conlleva a un retorno operacional de la inversión de 0.5 años (6 meses), asimismo el proyecto resulto viable desde el criterio financiero con un VAN US\$ 8921026.00 y un TIR 212%.

También en el estudio de Huertas (2014), titulado: “Análisis técnico económico y financiero de la instalación de un sobrecalentador de vapor y una turbina a contrapresión de alta eficiencia en reemplazo de los turbogeneradores N°3 Y N°4 para aumentar la cogeneración de energía eléctrica en la empresa Agroindustrial Laredo S.A.A.”, especifica que la planta termoeléctrica Agroindustrial Laredo S.A.A, consta de dos turbogeneradores los cuales generan 3200 KW para el

consumo interno, pero la planta necesita un total de 5000 KW, comprando al SEIN 1800 KW, conllevando a un gasto de 3384864.00 N.S/año en compra de energía eléctrica, por lo consiguiente la empresa pretende cogenerar en su totalidad su propia energía eléctrica e inyectar al SEIN 2000 KW a un precio de 60 \$/MWh, para ello se instaló un sobrecalentador a GN (Gas natural) para elevar la temperatura del vapor sobrecalentado a 526.80°C a la presión de 25 bar, para obtener una entalpía de sobrecalentamiento de 3522.48 KJ/Kg, para lograr cogenerar un total de 7000 KW en el nuevo turbogenerador TMC 5000 a contrapresión reacción, con una eficiencia de 18.33%, el consumo de gas natural en el sobrecalentador es 504 Kg/h con 225 tubos ASTM-A192 de 7/8 pulgadas de diámetro nominal de cédula 20, con un diámetro de carcasa de 963 mm y longitud de 871.20 mm, concluyendo que el proyecto tiene un beneficio neto de 1007400.00 US\$/año, con una inversión US\$ 3324420.00, para lo cual el ROI es 3.3 años, con un valor actual neto US\$ 1900100.00 y una tasa interna de rentabilidad de 48%. En comparación a los objetivos específicos 01, 02, 03, 04, 06 y 07, la empresa Agrolmos S.A, pretende vender al SEIN 3000KW incrementando la producción de energía eléctrica de 7500 KW (consumo interno) a 10500KW, para lo cual la medida más importante fue incrementar el flujo másico de la caldera de 80TM/h a 104.581 TM/h con un excedente de 24.581 TM vapor/h, evitando de esta manera la implementación de un recalentador de vapor y la compra de un turbogenerador ya que el actual cuenta con una capacidad nominal de 18.80 MW, cabe resaltar que con la exclusión de un recalentador de vapor se conlleva a la compra innecesaria de un quemador y costos en combustible como el gas natural o GLP que son los combustibles más utilizados en sistemas de recalentamiento de vapor, el turbogenerador a contrapresión cuenta con un rendimiento energético del 13.70% siendo inferior al rendimiento de un turbogenerador a extracción-condensación, de esta manera se logró un beneficio útil de 1327574.00 US\$/año, una inversión en activos fijos de US\$ 625385.77, con un retorno operacional de la inversión de 6 meses, asimismo el proyecto resulto viable desde el criterio financiero con un tasa interna de rentabilidad de 212% y un valor actual neto de US\$ 8921026.00.

Asimismo, en la investigación de Cruz (2013), titulada: “Factibilidad técnico económica del cambio de las turbinas a vapor por motores eléctricos en la molienda de caña para mejorar la cogeneración de energía en la empresa Laredo S.A.A.”, explica que actualmente la empresa cuenta con 2 turbogeneradores que generan 3153.90 KW de energía eléctrica los cuales operan con vapor sobrecalentado de entrada de 25 bar y 360°C y vapor de escape a 1.5 bar y 185°C, pero con la implementación de 2 turbogeneradores nuevos con vapor de entrada a 40 bar y 425°C y vapor de escape de 1.5 bar y 185°C, se puede cogenerar un excedente de 2780.06 KW para ser inyectado a la red del SEIN, concluyendo que el proyecto demandará de una inversión de US\$ 1920720.00 logrando un beneficio de 748515.00 US\$/año, con un periodo de retorno de la inversión de 2 años y 7 meses, el análisis financiero determinó un VAN US\$ 2676785.00 y TIR de 39 %. En comparación a los objetivos específicos 01, 02, 03, 06 y 07, la planta termoeléctrica Agrolmos S.A, se tomó como medida importante el incremento de 24.581 TM vapor/h trabajando el caldero acuotubular al 95% de su capacidad nominal, no cambiando la presión ni la temperatura de 42 bar manométrico y 400°C respectivamente para cogenerar un excedente de 3000 KW para su comercialización al SEIN, concluyendo que con esta medida el beneficio resultó 1327574.00 US\$/año, con una inversión en activos fijos de US\$ 625385.77, retorno operacional de la inversión de 6 meses, con un tasa interna de rentabilidad de 212% y un valor actual neto de US\$ 8921026.00.

De la misma manera en la investigación de Díaz y Ordinola (2016), en su trabajo de investigación titulado “Influencia en la instalación del turbo generador de 21.7 MW en la repotenciación de la central de cogeneración de agroindustrias San Jacinto S.A.A.”, explica que actualmente la planta termoeléctrica compra 3000 KW a la empresa Hidrandina, pero pretende analizar la instalación de un turbogenerador a contrapresión con una capacidad nominal de 21700 KW, para cogenerar su propia energía eléctrica y comercializar al sistema eléctrico interconectado nacional, mediante el reglamento de Cogeneración del Perú N° 037/2006 que compra a las empresas en fase de cogeneración a un precio 60 US\$/MWh. Concluyendo que la planta termoeléctrica según la carga de la caldera acuotubular de 115280 Kg/h a 41 bar absolutos y 450°C, producirá 18.44 MW, de

los cuales inyectara al SEIN 15.44 MW, obteniendo un beneficio útil de 1699355.520 US\$/año, una inversión 9422926.358 y un periodo de retorno de la inversión de 5.545 años. El análisis financiero determino que el valor actual neto es 5205576.73, con una tasa interna de rentabilidad de 17.30%. En comparación a los objetivos específicos 01, 02, 03, 06 y 07, la planta Agrolmos solo pretende inyectar al SEIN 3000 KW de energía eléctrica aumentando la producción del vapor de 80000 Kg vapor/h a 104581 Kg vapor/h pero manteniendo constante la presión y temperatura de 42 bar manométrico y 400°C respectivamente, la comercialización para la venta de energía eléctrica se basó en Decreto Supremo N° 037-2006-EM el cual requiere un valor del 70% del rendimiento eléctrico efectivo, obteniendo un valor del 71% en el rendimiento eléctrico efectivo en la planta Agrolmos pudiendo de esta manera cumplir con lo estipulado en las Normas Técnicas Peruanas el cual impone un precio de compra de 57.60 US\$/MWh, concluyendo que el beneficio útil logrado por el proyecto es de 1327574.00 US\$/año, con una inversión en activos fijos de US\$ 625385.77, lo que conlleva a un retorno operacional de la inversión de 0.5 años, asimismo el proyecto resulto viable desde el criterio financiero con un VAN US\$ 8921026.00 y un TIR 212%.

En la investigación de Aguilar (2010), titulado: “Factibilidad técnico económica del cambio de turbina de vapor por motor eléctrico con variador de velocidad para el accionamiento de molinos de cañas en la empresa Casa Grande S.A.A.”, realizó un balance de materia y energía a la planta termoeléctrica, determinando que se puede obtener un excedente de energía de 2020 KW e inyectarlos al SEIN, con un precio de compra por parte de Osinergmin de 60 US\$/MWh, obteniendo un beneficio neto de 1061712.00 US\$/año, concluyendo que el proyecto es rentable desde el punto financiero con un valor actual neto de US\$ 1943879.07, tasa interna de retorno de 47% y retorno operacional de la inversión inicial de 1.82 años. En comparación a los objetivos específicos 01, 02, 03, 06 y 07, la presente investigación se realizó un balance masa y energía, encontrando que el flujo másico de vapor consumido actualmente es de 61.452 TM/h para producir 7500 KW de energía eléctrica en bornes del generador, pero para producir un adicional de 3000KW el turbogenerador debe consumir 86.033 TM/h, comercializando al

SEIN a un precio de venta de 57.60 US\$/MWh, obteniendo un beneficio útil de 1327574.00 US\$/año, tasa interna de rentabilidad de 212%, valor actual neto de US\$ 8921026.00 y un retorno operacional de la inversión de 6 meses.

En la investigación de Cueva (2009), en su trabajo de tesis titulado “Análisis Técnico-Económico del cambio de turbinas de vapor por motores eléctricos en tándem de molinos del Ingenio La Troncal”, explicó el beneficio económico que se obtienen al realizar los cambios de turbinas de vapor de potencia a contrapresión en reemplazo de motores eléctricos trifásicos de inducción para el accionamiento de molinos y picadoras de caña de azúcar, logrando de esta manera inyectar un excedente de energía eléctrica al Ministro de Electricidad y Energía Renovable, el cual impulsa a los ingenios azucareros a la cogeneración de energía eléctrica a un precio de 10.23 Ctv/KWh. Para ello el ingenio azucarero pretende aumentar su producción de energía eléctrica de 9800 KW a 14600 KW, con un excedente de 4800 KW para la comercialización, concluyendo que el proyecto conlleva a un beneficio económico neto de 124596.48 US\$/año y una inversión en activos fijos de US\$ 3061654.70, asimismo el análisis de sensibilidad financiero determino un valor actual neto de US\$1383980.13 con un tasa interna de rentabilidad de 26.08 %. En comparación a los objetivos específicos 01, 02, 03, 06 y 07, la empresa Agrolmos S.A cuenta con un turbogenerador a contrapresión el cual produce 7500 KW de energía eléctrica, pero se aumentó la producción de potencia eléctrica al valor de 10500 KW, cogenerando un excedente de 3000 KW para la venta al SEIN, no siendo necesario la adquisición de una turbina ya que la actual turbina tiene una capacidad nominal de 18800 KW, concluyendo que se pueden vender a un precio de 0.195 S./MWh, logrando un beneficio útil de 1327574.00 US\$/año, una inversión en activos fijos de US\$ 625385.77, lo que conlleva a un retorno operacional de la inversión de 0.5 años, asimismo el proyecto resulto viable desde el criterio financiero con un VAN US\$ 8921026.00 y un TIR 212%.

Finalmente es necesario resaltar que ninguno de los antecedentes usados en nuestra tesis tuvieron la oportunidad de cumplir la normativa de “Rendimiento Eléctrico Efectivo”, establecida por Osinergmin, en cambio en nuestro estudio la norma fue cumplida tal y como está dicha.

V. CONCLUSIONES

5.1. El balance de masa y energía realizado a la planta termoeléctrica Agrolmos S.A, determinó que actualmente para la producción de 7500 KW de energía eléctrica el turbogenerador consume 61.452 TM/h de vapor sobrecalentado, con un consumo de bagazo de caña de 46 TM/h que tiene un poder calorífico inferior de 7500 KJ/Kg, con un rendimiento energético del 53.24% y rendimiento eléctrico efectivo del 24% insatisfactorio para la comercialización de energía eléctrica con el estado peruano. También se calculó el flujo másico de vapor consumido en turbinas tándem y desgasificador obteniendo 11.93 TM/h y 6.55 TM/h respectivamente.

5.2. La planta Agrolmos S.A, para cogenerar 3000 KW de energía eléctrica y comercializarlos al SEIN, necesita aumentar el ingreso de vapor al turbogenerador de 61.452 TM/h a 86.033 TM/h, con una variación de 24.581 TM/h, originando que el caldero trabaje de 80TM/h iniciales a 104.581 TM/h, conllevando a que el caldero trabaje al 95% de su carga nominal.

5.3. El balance de materia y energía en condiciones de mejora, estableció que para incrementar al flujo másico de vapor sobrecalentado producido por el caldero a 104.581 TM vapor/h, debe consumir 41.10 TM bagazo/h, con un ahorro de 4.90 TM bagazo/h respecto al valor inicial de 46 TM bagazo/h. Asimismo, se corroboró la capacidad de producción de bagazo, obteniendo que la planta cuenta con una capacidad de almacenamiento diaria de 1700 TM bagazo/día, pero para la comercialización de energía eléctrica el caldero consumirá 986.40 TM bagazo/día, restando un stock de 713.60 TM bagazo/día. Concluyendo que con el incremento del poder calorífico inferior de 7500 KJ/Kg a 7850 KJ/Kg, el rendimiento del caldero aumenta al 75% con un rendimiento eléctrico efectivo del 71% satisfactorio para la comercialización de energía eléctrica con el estado peruano.

5.4. Se diseñó el sistema de enfriamiento para condensar 24.581 TM vapor/h, utilizando 1304.0172 TM/h de agua, seleccionando 2 torres de enfriamiento del proveedor Sicrea, modelo Coolpack SR 2920/OU-1T-c70.34, con una capacidad

de refrigeración por cada una de 2820 Ton-Torre y 720 m³/h. Para el transporte del agua de condensación se seleccionó la tubería de material ASTM A53 grado A al Si, con diámetro nominal Dn=18 pulg, SCH 40 con una longitud total de 91m. Para la recirculación del agua se seleccionaron 2 bombas hidráulicas del proveedor Hidrostal, modelo 200-400 de 75 HP y un caudal de 182 lt/s c/u, asimismo para su accionamiento 2 motores eléctricos trifásicos jaula ardilla Delcrosa, modelo 280 S/M, con conductores eléctricos Indeco calibre NYY 3-1*120 mm², enterrado con una corriente nominal de 382 A. El diseño del condensador industrial, se realizó de 4 etapas, con 68 tubos por cada paso, con tubos de ASTM A53 grado A al Si, con diámetro nominal Dn=2 pulg, SCH 40 con una longitud total de 1.40 m, el diámetro interior de la carcasa es 1460.50 mm, con un espesor de 31.75mm.

5.5. Para soportar el peso de la tubería del agua de condensación se seleccionó 10 vigas W200X46 ASTM A36, con placas de dimensiones de 300x300x12.70mm, pernos grado SAE N°2 de diámetro de 1 pulg y cimientos de concreto de dimensiones de 500x500x250mm, el conjunto estructural necesitará 91 Kg de soldadura supercito con electrodo E7018 ¼". También se dimensionó el conductor eléctrico para transportar 3000 KW de energía eléctrica de comercialización al SEIN, seleccionando el calibre 3-1*95mm², del tipo N2XSY 8.7/15KV, con una capacidad nominal de 360 A enterrado.

5.6. El presente proyecto representa un beneficio útil de 1327574.00 US\$/año, una inversión en activos fijos de 625385.77 US\$, conllevando a un retorno operacional de la inversión de 0.5 años (6 meses) lo que significa que el proyecto es conveniente y atractivo para la empresa.

5.7. El proyecto desde el punto de vista financiero es viable, con una tasa interna de rentabilidad de 212% y un valor actual neto de \$ 8921026.00

VI. RECOMENDACIONES

6.1. Se recomienda realizar un sistema de gestión energética, considerando mantener el valor de la húmeda del bagazo de caña por debajo o igual al valor de 47%, para obtener un poder calorífico superior promedio de 7850 KJ/Kg, Incrementando de esta manera el beneficio útil, debido a la reducción del consumo horario de bagazo.

6.2. Implementar un plan de mantenimiento preventivo para los activos fijos: Condensador industrial, torres de enfriamiento, bombas, motores eléctricos y tuberías de agua de refrigeración, para no limitar su vida útil, de esta manera no se afecte al beneficio útil proyectado.

6.3. Se recomienda mantener la tubería de vapor sobrecalentado en el tramo caldera y turbogenerador, ya que actualmente la velocidad del vapor sobrecalentado es 25 m/s y con el incremento de vapor la velocidad aumenta a 55 m/s, siendo una velocidad aceptable inferior a 60 m/s. Por lo cual se sugiere seguir trabajando con la misma tubería de diámetro nominal de 200mm SCH 80 y material SA 106 grado B.

6.4. Capacitar al personal técnico y profesionales de la planta fuerza, respecto a la correcta operación de los equipos condensador industrial y torres de enfriamiento.

6.5. Se recomienda mantener el mismo conductor eléctrico de salida del turbogenerador que opera actualmente con 7500KW, ya que ha sido diseñado para la capacidad máxima de 12000 KW con una sección de 500 mm² y una corriente nominal de 850A, por lo consiguiente con la potencia de 10500 KW se puede seguir trabajando con el mismo calibre. Pero se sugiere colocar en paralelo a este conductor existente, desde la barra de distribución hasta el transformador del SEIN un conductor de sección de 95 mm² y 360A, para la comercialización de los 3000 KW de energía eléctrica.

6.6. Se recomienda aprovechar el vapor sobrecalentado evacuado por el turbogenerador de vapor, para destilería de alcohol, aumentando de esta manera el beneficio útil del proyecto.

6.7. Proyectar un diagrama de Gantt para exponer el tiempo empleado previsto para cada una de las actividades civiles, eléctricas y mecánicas que involucra el proyecto.

6.8. Se recomienda la implementación de un sistema de secado de Bagazo, para reducir humedad y aumentar el PCI del combustible.

6.9 Se debe implantar un sistema de gestión de energía según ISO 50001.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, B. (2010). Factibilidad técnico económica del cambio de turbina de vapor por motor eléctrico con variador de velocidad para el accionamiento de molinos de cañas en la empresa Casa Grande S.A.A. Lima: Universidad Nacional De Ingeniería.
- Armijo, J. (2006). Balance de materia y energía . Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Beltrán, R. (2008). Conversión Térmica de Energía. Bogotá: Uniandes.
- Bohórquez, R. (2013). Auditoría energética al circuito de vapor y condensado de una planta de elaboración de café liofilizado. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Broatch, A. (2010). Ejercicios Resueltos de Máquinas Térmicas . Barcelona: McGraw-Hill Interamericana Editores.
- Cantabria, E. (2016). Rendimiento energetico de una caldera . Recuperado el 25 de Abril de 2016, de http://www.scalofrios.es/eficiencia/EE_calor/EEI%20-Tema%203.%20Rendimiento%20de%20una%20caldera.pdf
- Cengel, Y. (2007). Transferencia de calor y masa. México, D.F: McGraw-Hill.
- Centrum. (2009). Reporte Financiero Burkenroad Perú – El Pacifico . (PUCP) Recuperado el 15 de Abril de 2016, de Reporte Sectorial de Pesca - Empresa Ribaud S.A.: <http://centrum.pucp.edu.pe/adjunto/upload/publicacion/archivo/informepesca.pdf>
- Charles, A. (2006). Fundamentos de Circuitos Eléctricos. México : Interamericana Editores, S.A.
- Cruz, T. (2013). Factibilidad técnico económica del cambio de las turbinas a vapor por motores eléctricos en la molienda de caña para mejorar la cogeneración de energía en la empresa Laredo S.A.A. Trujillo, Trujillo, Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- Cueva, B. (2009). Análisis Técnico-Económico del cambio de turbinas de vapor por motores eléctricos en tándem de molinos del Ingenio La Troncal. Guayaquil, Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Díaz, M., & Ordinola, J. (2016). Influencia en la instalación del turbo generador de 21,7 MW en la repotenciación de la central de cogeneración de agroindustrias San Jacinto S.A.A. Nuevo Chimbote, Huaraz, Perú: Universidad Nacional Del Santa.

- Donald, R. (2001). Termodinámica. Madrid: Concepción Fernández .
- Doran, P. (1998). Principios de ingeniería de los bioprocesos. (Acribia,S.A.)
Recuperado el 21 de Abril de 2016, de Balance de energia:
<http://procesosbio.wikispaces.com/Balance+de+Energ%C3%ADa>
- Fernandez, J. (2010). Maquinas Térmicas. Recuperado el 10 de Mayo de 2016,
de Poder Calorífico : <http://www.edutecne.utn.edu.ar/>
- Fernández, P. (1996). Termodinámica técnica. Madrid: Universidad de Cantabria.
- Gerdipac. (2010). Materiales Aislantes Industriales. Recuperado el 15 de Mayo de
2016, de Aislamiento Térmico : <http://www.gerdipac.com.pe/>
- Guevara, C. (2015). Diagnosticos energeticos en sistemas tármicos . Recuperado
el 3 de Mayo de 2016, de Vapor Flash: <http://biblioteca.uns.edu.pe/>
- Harper, E. (2004). Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos. México :
Limusa Noriega Editores.
- Huertas, G. (2014). Análisis técnico económico y financiero de la instalación de un
sobrecalentador de vapor y una turbina a contrapresión de alta eficiencia
en reemplazo de los turbogeneradores N°3 Y N°4 para aumentar la
cogeneración de energía eléctrica en la empresa Agroí. Trujillo, Trujillo,
Perú .
- Kenneth, W. (2001). Termodinámica. Madrid : Concepción Fernández.
- Kenneth, W., & Donald, E. (2001). Termodinámica . Madrid : Concepción
Fernández Madrid .
- López, G. (2009). Cálculo financiero aplicado: un enfoque profesional. Buenos
Aires: La Ley.
- Lostanau, L. (2006). Máquinas Eléctricas . Lima: San Marcos.
- Mankiw, G. (2012). Principios de Economía . Madrid: Ediciones Paraninfo.
- Matines, J. (2010). Normas de Construcción de Recipientes a Presión . Madrid:
Bellisco S.A.
- Meléndez, E. (2005). Cálculo, diseño e instalación de un economizador para una
caldera acuotubular de 2900 BHP. Nuevo Chimbote: Universidad Nacional
del Santa.
- Paredes, M. (2010). Estudio de factibilidad técnica económica para el cambio de
un sistema de cogeneración industrial eléctrico-térmico a un sistema de

cogeneración comercial en la empresa Cartavio S.A.A. Trujillo, Trujillo, Perú: Universidad Cesar Vallejo.

Petroperú. (2014). Combustibles. Recuperado el 12 de Mayo de 2016, de Poderes caloríficos: <http://tera-3.ul.cs.cmu.edu/>

Purizaca, R. (2015). Diseño técnico y económico de un sistema de recuperación de vapor flash de purgas continuas para calentar el agua de alimentación de las calderas de la empresa pesquera Ribaud S.A. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo .

Shapiro, M. (2005). Fundamentos de Termodinámica Técnica . Barcelona: Reverté S.A.

Sosa, J. (2013). Recuperación de condensados generados en el sistema de drenaje de cabezales de vapor y venas de calentamiento en el área de setil (servicios auxiliares) de la Refinería Estatal de Esmeraldas - See more at: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/3677#st>. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.

Tello, C. (2016). Concepto de balance materia y energía. (Reverter) Recuperado el 20 de Abril de 2016, de Academia: http://www.academia.edu/9208984/CONCEPTO_DE_BALANCE_DE_MATERIA_Y_ENERG%C3%8DA

TLV. (2016). Compañía especialista en vapor. Recuperado el 7 de Mayo de 2016, de Vapor flash: <http://www.tlv.com/>

Zubicaray, M. (2010). Energía Eléctricas y Renovables. Madrd: Limusa-Wiley.

ANEXOS

A.1. Propiedades termodinámicas del vapor sobrecalentado

Steam Table (Complete Range) Saturation Zone Diagrams About						
P (bar)	T (°C)	v (m ³ /kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg°C)	Saturation (°C)	State
43	400	0.067942	3210.5	6.73414	254.66	Steam
4	369.542	0.736808	3210.4	7.80327	143.62	Steam
2.42	142	0.773413	2748.3	7.14489	126.36	Steam

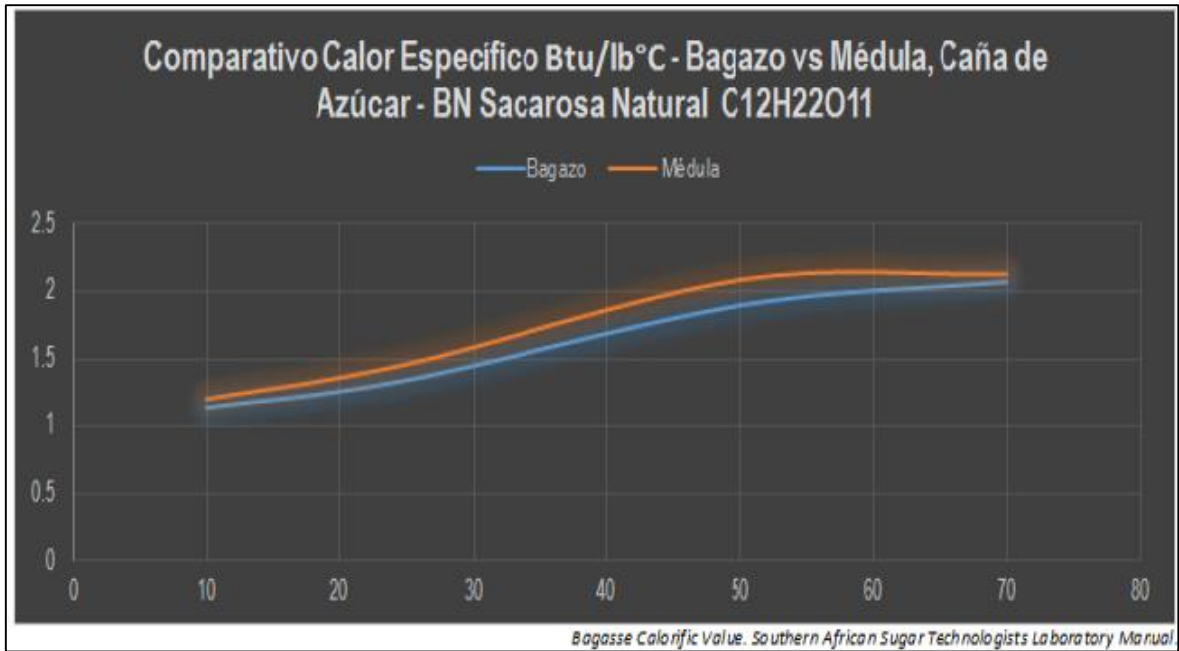
A.2. Propiedades termodinámicas del vapor saturado

Steam Table (Complete Range) Saturation Zone Diagrams About											
P (bar)	T (°C)	x	v (m ³ /kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg°C)	v' (m ³ /kg)	h' (kJ/kg)	s' (kJ/kg°C)	v'' (m ³ /kg)	h'' (kJ/kg)	s'' (kJ/kg°C)
2.42	126.362					0.001066	530.8	1.59578	0.74067	2714.9	7.06293
1.208	105					0.001048	440.2	1.36300	1.41927	2683.7	7.29616
1.1	102.317					0.001045	428.8	1.33297	1.54924	2679.6	7.32769
0.0562	35					0.001006	146.6	0.50486	25.2449	2565.4	8.35434
0.0234	20					0.001002	83.9	0.29629	57.8384	2538.2	8.66840

A.3. Propiedades termodinámicas del aire

T (°C)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg·K)	$\mu \cdot 10^6$ (N·s/m ²)	$\nu \cdot 10^6$ (m ² /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	Pr
5	1.269	1.006	17.54	13.82	24.01	18.80	0.7350
10	1.247	1.006	17.78	14.26	24.39	19.44	0.7336
15	1.225	1.007	18.02	14.71	24.76	20.08	0.7323
20	1.204	1.007	18.25	15.16	25.14	20.74	0.7309
25	1.184	1.007	18.49	15.61	25.51	21.40	0.7296
30	1.164	1.007	18.72	16.08	25.88	22.08	0.7282
35	1.146	1.007	18.95	16.54	26.25	22.76	0.7268
40	1.117	1.007	19.18	17.02	26.62	23.45	0.7255
45	1.110	1.007	19.41	17.49	26.99	24.16	0.7241
50	1.092	1.007	19.63	17.97	27.35	24.87	0.7228
55	1.076	1.007	19.86	18.46	27.72	25.59	0.7215
60	1.060	1.007	20.08	18.95	28.08	26.31	0.7202
65	1.044	1.007	20.30	19.45	28.45	27.05	0.7190
70	1.029	1.007	20.52	19.95	28.81	27.79	0.7177
75	1.014	1.008	20.74	20.45	29.17	28.55	0.7166
80	0.999	1.008	20.96	20.97	29.53	29.31	0.7154
85	0.986	1.008	21.17	21.48	29.88	30.07	0.7143
90	0.972	1.008	21.39	22.00	30.24	30.85	0.7132
95	0.959	1.009	21.60	22.52	30.60	31.63	0.7121
100	0.946	1.009	21.81	23.05	30.95	32.42	0.7111
110	0.921	1.010	22.23	24.12	31.65	34.02	0.7092
120	0.898	1.011	22.64	25.21	32.35	35.64	0.7073
130	0.876	1.012	23.05	26.32	33.05	37.30	0.7057
140	0.854	1.013	23.45	27.44	33.74	38.98	0.7041
150	0.834	1.014	23.85	28.59	34.43	40.68	0.7027
160	0.815	1.016	24.24	29.74	35.11	42.40	0.7014
170	0.797	1.017	24.63	30.92	35.79	44.15	0.7003
180	0.779	1.019	25.01	32.11	36.46	45.92	0.6992
190	0.762	1.021	25.39	33.32	37.13	47.71	0.6983
200	0.746	1.023	25.77	34.54	37.79	49.53	0.6974
210	0.7306	1.025	26.14	35.78	38.45	51.36	0.6967
220	0.7158	1.027	26.51	37.04	39.10	53.21	0.6960
230	0.7016	1.029	26.88	38.31	39.75	55.08	0.6955
240	0.6879	1.031	27.24	39.60	40.40	56.97	0.6950
250	0.6748	1.033	27.60	40.90	41.04	58.88	0.6946
260	0.6621	1.035	27.95	42.22	41.67	60.81	0.6942
270	0.6499	1.037	28.30	43.55	42.31	62.75	0.6940
280	0.6382	1.040	28.65	44.90	42.93	64.72	0.6938
290	0.6269	1.042	29.00	46.26	43.56	66.69	0.6936
300	0.6159	1.044	29.34	47.64	44.18	68.69	0.6935

A.4. Capacidad calorífica del bagazo y médula de caña



A.5. Propiedades termodinámicas de los gases de combustión

T [°C]	ρ [$\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$]	C_p [$\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{K}}$]	$\lambda * 10^2$ [$\frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$]	$a * 10^2$ [$\frac{\text{m}^2}{\text{h}}$]	$\mu * 10^6$ [$\frac{\text{N.s}}{\text{m}^2}$]	$\nu * 10^6$ [$\frac{\text{m}^2}{\text{seg}}$]	Pr —
0	1,295	1,045	2,2794	6,08	15,7842	12,2	0,72
100	0,95	1,0676	3,1284	11,10	20,3949	21,54	0,69
200	0,748	1,0969	4,0123	17,60	24,4955	32,80	0,67
300	0,617	1,1221	4,8380	25,16	28,2331	45,81	0,65
400	0,525	1,1514	5,6987	35,04	31,6863	60,38	0,64
500	0,457	1,1849	6,5593	43,61	43,8549	76,30	0,63
600	0,405	1,2142	7,4199	54,32	37,8666	93,61	0,62
700	0,363	1,2393	8,2689	66,17	40,6918	112,10	0,61
800	0,329	1,2644	9,1528	79,09	43,3798	131,80	0,60
900	0,301	1,2896	10,0134	92,87	45,9108	152,50	0,59
1000	0,275	1,3063	10,8973	109,21	48,3633	174,30	0,58
1110	0,257	1,3230	11,7463	124,37	50,7078	197,10	0,57
1200	0,24	1,3398	12,6185	141,27	52,9936	221,0	0,56

A.6. Propiedades termodinámicas del agua de condensación

ChemicalLogic SteamTab Companion

About Saturated Superheated/Subcooled Constants

Independent Variable:
 Temperature Value, °C
 Pressure

Units:
 Metric/SI
 English

Phase:
 Vapor Liquid Two-phase

Property	Value	Unit
Pressure	0.0738494	bar
Steam quality	0	%
Volume	0.00100789	m ³ /kg
Density	992.175	kg/m ³
Compressibility factor	5.15012E-005	dimensionless
Enthalpy	167.533	kJ/kg
Entropy	0.572402	kJ/(kg.°C)
Helmoltz free energy	-11.722	kJ/kg
Internal energy	167.526	kJ/kg
Gibbs free energy	-11.7146	kJ/kg
Heat capacity at constant volume	4.07367	kJ/(kg.°C)
Heat capacity at constant pressure	4.17965	kJ/(kg.°C)

ChemicalLogic SteamTab Companion

About Saturated Superheated/Subcooled Constants

Independent Variable:
 Temperature Value, °C
 Pressure

Units:
 Metric/SI
 English

Phase:
 Vapor Liquid Two-phase

Property	Value	Unit
Coefficient of thermal expansion	0.000385453	1/°C
Isothermal compressibility	4.42484E-005	1/bar
dPdT: Partial derivative of P with T at constant V	8.71111	bar/°C
dVdT: Partial derivative of V with T at constant P	3.88493E-007	m ³ /(kg.°C)
dVdP: Partial derivative of V with P at constant T	-4.45974E-008	m ³ /(kg.bar)
Viscosity (dynamic)	652.97	μPa.s
Thermal conductivity	0.630585	W/(m.°C)
Surface tension	0.0695963	N/m
Prandtl number	4.32802	dimensionless
Static dielectric constant	73.1972	dimensionless
Isothermal Joule-Thomson coefficient	8.8623E-005	kJ/(kg.bar)
Joule-Thomson coefficient	-0.0212035	°C/bar

A.7. Velocidades económicas del agua

Tipo tubería	Velocidad media m/s	
	Mínima	Máxima
• Tuberías de succión en bombas centrífugas, de acuerdo con la carga de succión, longitud, temperatura del agua (<70°C)	0.5	1.0
• Tuberías de descarga en bombas	1.5	2.0
• Redes de distribución para agua potable e industrial:		
Tuberías principales	1.0	2.0
Tuberías laterales	0.5	0.7
Tuberías muy largas	1.5	3.0
• Tuberías en instalaciones hidroeléctricas con turbinas:		
Con inclinación y diámetro pequeño	2.0	4.0
Con inclinación y diámetro grande	3.6	8.0
Horizontales y gran longitud	1.0	3.0

A.8. Dimensiones de las tuberías ASTM A53


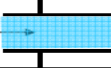
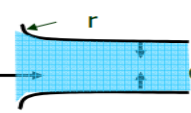
Nominal Diameter	Diametro exterior Outside Diameter		Espesor de pared Wall thickness		Cédula Schedule / Designation	Peso Weight	
	in	in	mm	mm		Lb/ft	kg/m
1/8	0.405	10.3	0.035	0.89	5	0.14	0.21
			0.049	1.24	10	0.19	0.28
			0.068	1.73	40 STD	0.24	0.36
			0.095	2.41	80 XS	0.31	0.47
			0.049	1.24	5	0.26	0.38
1/4	0.540	13.7	0.065	1.65	10	0.33	0.49
			0.088	2.24	40 STD	0.43	0.63
			0.119	3.02	80 XS	0.54	0.80
			0.049	1.24	5	0.33	0.49
			0.065	1.65	10	0.42	0.63
3/8	0.675	17.1	0.091	2.31	40 STD	0.57	0.85
			0.126	3.20	80 XS	0.74	1.10
			0.065	1.65	5 5S	0.54	0.80
			0.083	2.11	10 10S	0.67	1.00
			0.109	2.77	40 STD	0.85	1.27
1/2	0.840	21.3	0.147	3.73	80 XS	1.09	1.62
			0.188	4.78	160	1.31	1.95
			0.294	7.47	XXS	1.72	2.55
			0.065	1.65	5 5S	0.68	1.02
			0.083	2.11	10 10S	0.86	1.28
3/4	1.050	26.7	0.113	2.87	40 STD	1.13	1.68
			0.154	3.91	80 XS	1.48	2.20
			0.219	5.56	160	1.95	2.90
			0.308	7.82	XXS	2.44	3.64
			0.065	1.65	5 5S	0.87	1.29
1	1.315	33.4	0.109	2.77	10 10S	1.41	2.09
			0.133	3.38	40 STD	1.68	2.50
			0.179	4.55	80 XS	2.17	3.24
			0.250	6.35	160	2.85	4.24
			0.358	9.09	XXS	3.66	5.45
1 1/4	1.660	42.2	0.065	1.65	5 5S	0.87	1.29
			0.109	2.77	10 10S	1.41	2.09
			0.140	3.56	40 STD	2.27	3.39
			0.191	4.85	80 XS	3.00	4.46
			0.250	6.35	160	3.77	5.61
1 1/2	1.900	48.3	0.382	9.70	XXS	5.22	7.77
			0.065	1.65	5 5S	1.28	1.90
			0.109	2.77	10 10S	2.09	3.11
			0.145	3.68	40 STD	2.72	4.05
			0.200	5.08	80 XS	3.63	5.41
2	2.375	60.3	0.281	7.14	160	4.86	7.24
			0.400	10.16	XXS	6.41	9.55
			0.065	1.65	5 5S	1.61	2.39
			0.109	2.77	10 10S	2.64	3.93
			0.154	3.91	40 STD	3.66	5.44
2 1/2	2.875	73.0	0.172	4.37		4.05	6.03
			0.188	4.78		4.40	6.54
			0.218	5.54	80 XS	5.03	7.48
			0.250	6.35		5.68	8.45
			0.281	7.14		6.29	9.36
2 1/2	2.875	73.0	0.344	8.74	160	7.47	11.12
			0.436	11.07	XXS	9.04	13.45
			0.083	2.11	5 5S	2.48	3.69
			0.120	3.05	10 10S	3.53	5.26
			0.203	5.16	40 STD	5.80	8.63
2 1/2	2.875	73.0	0.216	5.49		6.14	9.14
			0.250	6.35		7.02	10.44
			0.276	7.01	80 XS	7.67	11.41
			0.375	9.53	160	10.02	14.92
			0.552	14.02	XXS	13.71	20.40

Nominal Diameter	Diametro exterior Outside Diameter		Espesor de pared Wall thickness		Cédula Schedule / Designation	Peso Weight	
	in	in	mm	in		mm	Lb/ft
18	18.000	457.2	0.165	4.19	5S	31.46	46.82
			0.188	4.78	10S	35.80	53.28
			0.219	5.56		41.63	61.95
			0.250	6.35	10	47.44	70.60
			0.281	7.14		53.23	79.21
			0.312	7.92	20	59.00	87.80
			0.344	8.74		64.93	96.63
			0.375	9.53	STD	70.66	105.15
			0.406	10.31		76.37	113.65
			0.438	11.13	30	82.24	122.38
			0.469	11.91		87.90	130.81
			0.500	12.70	XS	93.54	139.21
			0.562	14.27	40	104.77	155.92
			0.625	15.88		116.10	172.77
			0.688	17.48		127.33	189.49
			0.750	19.05	60	138.31	205.83
			0.812	20.62		149.21	222.05
			0.875	22.23		160.19	238.40
			0.938	23.83	80	171.10	254.62
			1.000	25.40		181.74	270.46
1.062	26.97		192.31	286.19			
1.125	28.58		202.96	302.03			
1.156	29.36	100	208.17	309.79			
1.188	30.18		213.52	317.76			
1.250	31.75		223.84	333.11			
1.375	34.93	120	244.38	363.68			
1.562	39.67	140	274.50	408.50			
1.781	45.24	160	308.81	459.57			

Nominal Diameter	Diametro exterior Outside Diameter		Espesor de pared Wall thickness		Cédula Schedule / Designation	Peso Weight	
	in	in	mm	in		mm	Lb/ft
56	56.000	1,422.4	0.938	23.83		552.16	821.70
			1.000	25.40		587.99	875.03
			1.062	26.97		623.75	928.23
			1.125	28.58		659.99	982.17
			1.188	30.18		696.15	1035.98
			1.250	31.75		731.65	1088.82
60	60.000	1,524.0	0.375	9.53		239.04	355.73
			0.406	10.31		258.67	384.94
			0.438	11.13		278.90	415.05
			0.469	11.91		298.49	444.20
			0.500	12.70		318.05	473.31
			0.562	14.27		357.12	531.45
			0.625	15.88		396.73	590.40
			0.688	17.48		436.26	649.22
			0.750	19.05		475.07	706.98
			0.812	20.62		513.81	764.63
			0.875	22.23		553.08	823.08
			0.938	23.83		592.27	881.40
			1.000	25.40		630.76	938.67
			1.062	26.97		669.16	995.82
			1.125	28.58		708.10	1053.77
			1.188	30.18		746.95	1111.59
1.250	31.75		785.10	1168.36			

A.9. Coeficientes de accesorios

Accesorios		Diámetro nominal (en pulgadas)												
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2-3	4	6	8-10	12-16	18-24	
L/D		Valores de K												
Válv.de compuerta(abierta)	8	0.22	0.2	0.18	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.1	0.1	
Válv.de globo(abierta)	340	9.2	8.5	7.8	7.5	7.1	6.5	6.1	5.8	5.1	4.8	4.4	4.1	
Válv.de retención horizontal(check)	100	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	
Válv.de retención horizontal oscilatoria(check)	50	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.75	0.7	0.65	0.6	
Válv.de pie de disco(de huso)con colador	420	11.3	10.5	9.7	9.3	8.8	8.0	7.6	7.1	6.3	5.9	5.5	5.0	
Válv.de pie de disco con bisagra	75	2	1.9	1.7	1.7	1.7	1.4	1.4	1.3	1.1	1.1	1.0	0.9	
Codos estándar	90°	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	45°	16	0.43	0.4	0.37	0.35	0.34	0.3	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	90° radio largo	16	0.43	0.4	0.37	0.35	0.34	0.3	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	180°	50	1.35	1.25	1.15	1.10	1.05	0.95	0.9	0.85	0.75	0.7	0.65	0.6
Curvas de 90°	20	0.54	0.5	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.3	0.28	0.26	0.24	
T en línea (con derivación en la línea principal y lateral cerrada)	20	0.54	0.5	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.3	0.28	0.26	0.24	
T en línea (con circulación por derivación)	60	1.62	1.5	1.38	1.32	1.26	1.14	1.08	1.02	0.9	0.84	0.78	0.72	

	Descripción	Todos los diámetros
		Valores de K
Salida de tubería 	Proyectada	1
	Arista en ángulo recto	
	Aristas redondeadas	
Entrada en tubería 	Proyectada (de borda)	0.78
	Entrada en tubería rasante 	Aristas en ángulo recto
r/d = 0.02		0.28
r/d = 0.04		0.24
r/d = 0.06		0.15
r/d = 0.15 y más		0.04

A.10. Rugosidad de materiales

Material	Rugosidad absoluta ϵ (mm)
Acero bridado	0.9-9
Acero comercial	0.046
Acero galvanizado	0.15
Concreto	0.3-3
Concreto bituminoso	0.25
CCP	0.12
Hierro forjado	0.06
Hierro fundido	0.15
Hierro dúctil ^(*)	0.25
Hierro galvanizado	0.15
Hierro dulce asfaltado	0.12
GRP	0.030
Polietileno	0.007
PVC	0.0015

A.11. Catalogo DELCROSA de motores eléctricos trifásicos

**MOTORES ELÉCTRICOS
TRIFÁSICOS
USO INDUSTRIAL
DE PROPÓSITO GENERAL**



Más de 55 Años
Transformando Energía, Construyendo Futuro

DELCROSA 
ENERGÍA PARA EL PERÚ

MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS IP55 USO GENERAL

CARACTERÍSTICAS

- Motor trifásico, asíncrono de inducción, rotor con jaula de ardilla.
- Carcasas: 71 a 355 (IEC 60072-1).
- Dimensiones: de acuerdo a IEC 60072-1.
- Totalmente cerrados, ventilación exterior (TCVE).
- Potencias: 1/11 a 1000 HP.
- Frecuencias: 50 y/o 60 Hz.
- Tensiones: 220/380/440.
Grado de protección: IP55
- Polaridad: 2, 4, 6 o 8 polos.
- Clase de aislamiento: F (155°).
- Categoría: N.

APLICACIONES

Resistentes, compactos y versátiles, los motores eléctricos **DELACROSA - VOGES** atienden los padrones más exigentes de calidad y una gran variedad de aplicaciones, tales como:

- Máquinas operacionales (operaciones en tornos, rectificación, mecanización, agujerado, taladros, máquinas de aplanar, etc.).
- Máquinas - herramientas.
- Equipamientos para agricultura.
- Industria: industrias químicas y de petróleo, extracción mineral y vegetal, textiles y celulosas, industria alimenticia y de madera, siderúrgicas, de caña de azúcar y alcohol y la industria mecánica en general, entre otros.

MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS DE DOS VELOCIDADES

CARACTERÍSTICAS

- Motor trifásico, asíncrono de inducción, rotor con jaula de ardilla.
- Carcasas: 31 a 355 (IEC 60072-1).
- Dimensiones: de acuerdo a IEC 60072-1.
- Totalmente cerrados, ventilación exterior (TCVE).
- Potencias: 1/12 a 210 HP.
- Frecuencias: 50 y/o 60 Hz.
- Tensiones: 220/380 o 440V.
- Grado de protección: IP55
- Polaridad: 2/4, 4/8, 4/6 o 6/8 polos.
- Clase de aislamiento: F.
- Rodamiento de bolas.

APLICACIONES

Resistentes, compactos y versátiles, los motores eléctricos **DELACROSA - VOGES** atienden los padrones más exigentes de calidad y una gran variedad de aplicaciones, tales como:

- Máquinas operacionales (operaciones en tornos, rectificación, mecanización, agujerado, taladros, máquinas de aplanar, etc.), puentes grúas, transportadores o alimentadores, sistemas de ventilación, mezcladoras de cemento y máquinas centrífugas.
- Industria: marina, alimenticia y de madera, siderúrgica y máquinas mecánicas en general.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

CARCASAS.- Del tamaño 71 al 400 inclusive, son de fundición de hierro gris, de construcción sólida y robusta. A fin de facilitar su manipuleo e instalación los motores construidos a partir del tamaño de carcasa 112 y hasta el 355 inclusive se proveen con cáncamo de izaje.

TAPA PORTACOJINETES.- Son fabricadas en fundición de hierro gris. La fijación de las tapas en las carcasas de 71 a 100 inclusive se efectúa mediante tillas (Tirantes) y para los tamaños 112 a 400 con tornillos. Todos los componentes del motor de fundición de hierro son sometidos a un tratamiento térmico y se les proporciona una base de pintura alquídica (por inmersión), que asegura una gran resistencia a la corrosión.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.- El sistema de ventilación es proyectado para obtener una refrigeración máxima con mínimos niveles de ruido.

Los ventiladores son de Nylon (carcasas de 71 a 160) y de tamaño mayores, de hierro fundido, fijados en la punta opuesta del eje.

La tapa del ventilador es de acero estampado SAE 1010, hierro fundido con parrilla de acero SAE 1010 (carcasas de 280 a 400).

PROTECCIÓN MECÁNICA.- Los motores eléctricos **DELACROSA - VOGES** son fabricados con un grado de protección mecánica IP 55 de acuerdo a lo establecido en las normas IEC 60529 y IEC 60034-5.

Son protegidos contra la penetración de polvo (sin depósitos nocivos) y chorros de agua a presión en todas las direcciones.

Para ello poseen juntas de goma sintéticas entre la carcasa y la caja de bornes y a su vez entre la tapa y la caja de bornes. La protección entre las salidas del eje y las tapas portacojinetes

se lleva a cabo por medio de anillos V-Ring de goma sintética, para las carcasas del tamaño 71 a 400 inclusive.

TERMINALES PARA CONEXIÓN PUESTA A TIERRA.- Los terminales puestos a tierra están contruados de latón, garantizando de esta forma una correcta conducción.

Los motores construidos en los tamaños de carcasa 71 al 160 inclusive poseen un terminal en el interior de la caja de bornes y para las carcasas 180 a 400 inclusive, además del terminal interno en la caja de bornes se coloca un terminal para la puesta a tierra en la pata o en la brida del motor (de acuerdo a la forma constructiva del motor).

NÚCLEO MAGNÉTICO Y BOBINADO.- El núcleo magnético está construido con chapas de acero de bajo tenor de carbono (con tratamiento térmico) o por chapas de hierro silicio, garantizando bajas pérdidas y gran permeabilidad magnética.

Los materiales aislantes y los cables utilizados en el bobinado se encuentran dentro de las aislaciones clase "F" (155°C), de acuerdo a lo establecido por la norma IEC 60085.

Los estatores bobinados son impregnados doblemente en barniz aislante de la clase "H", siendo polimerizados en equipamientos adecuados, otorgando a los arrollamientos gran resistencia mecánica, alta rigidez dieléctrica, protección a la abrasión, mejor transmisión de calor, resistencia a las vibraciones y cambios de temperatura.

CAJA DE CONTACTO.- Construida en hierro fundido con roscas que permiten la conexión de prensa de cables, gira a 90° eléctricos separados, lo que posibilita el ajuste a todos los tipos de montaje y también la conexión del motor a la fuente de energía.

La localización normal de la caja de derivación es a la

izquierda del motor a partir de lado de acoplamiento.

ROTOR.- El rotor está construido por chapas, jaula rotórica y el eje. Las chapas son de acero de bajo tenor de carbono o por chapas de hierro silicio, estampadas con herramientas progresivas de gran precisión.

Los ejes son de acero SAE 1045 / 1060, siendo mecanizados y rectificadas.

El conjunto es balanceado dinámicamente, formando una unidad rígida y compacta.

TERMINACIONES Y PINTURAS ESPECIALES.- Las partes de hierro fundido pasan por un baño de inmersión en primer alquídico. Las partes de aluminio pasan por un proceso de anodización; y las partes de acero estampado son fosfatizadas en caliente, proporcionando una base excelente para la pintura final.

La pintura final es realizada con dos capas de pintura con base alquídica (clase térmica 150°C), en color gris Munsel N65.

Mediante consulta, otras terminaciones y tinta especial están disponibles.

PLACA DE IDENTIFICACIÓN.- La placa de identificación es fabricada en aluminio y se encuentra remachada a la carcasa.

Sus especificaciones se encuentran impresas por un proceso de anodización o impresas bajo relieve, obteniendo de esta forma una gran precisión y excelente acabado.

Los motores que poseen 6,9 o 12 bornes, además de los datos característicos determinados por norma, poseen el esquema de conexiones.

También se encuentran impresos los tipos de rodamientos utilizados y en particular para los motores con tamaños de carcasa 180 a 400 se señala el tipo de lubricante y los períodos de relubricación recomendados para los mismos.

DEL CROSA		VOGES		CE		30023	
MOTOR DE INDUCCION TRIFASICO							
TIPO	INDUCCION TRIFASICO	Nº	118-50-4	NORMA IEC			
hp/kW	1.5/1.1	ISL.	F	IP			
SERVICIO	Ia/In		CAT.				
ROD.Delantero				Trasero			
Hz	rpm	F.S.	V	220	380	440	(760)
50			A				
60			A				
CAXIAS DO SUL - RS - INDUSTRIA BRASILENA							

OPCIONALES.- A fin de lograr una mejor adecuación a las condiciones de trabajo, los motores opcionalmente se pueden proveer con los siguientes accesorios y/o construcciones especiales:

- Termistores o termorresistencias en bobinado y/o rodamientos con salida a la caja de bornes principal o una auxiliar según el tamaño de la carcasa.
- Eje de material y/o medidas especiales.
- Balanceo dinámico con una amplitud de las vibraciones menor al recomendado según norma.
- Prensacables metálicos o de plástico.
- Caja de bornes especial y/o de mayor tamaño que la estándar correspondiente al tamaño constructivo.
- Laberinto taconite en las tapas.
- Rodamientos a rodillos cilindricos (a excepción en los motores de 3000 rpm).
- Ventilador de fundición de aluminio.
- Resistencia de calefacción de reposo.
- Pintura especial.
- Encapsulado de las cabezas de bobinas con resina epoxi.
- Protecciones especiales en el encastre de las tapas y/o en la salida de los cables de la carcasa.
- Otros bajo consulta.

FORMAS CONSTRUCTIVAS

Forma Constructiva								
Referencia	B 3 E	B 3 D	B 5 E	B 5 D	B 6	B 7	B 8	
Carcasa	CON PATAS	CON PATAS	SIN PATAS	SIN PATAS	CON PATAS	CON PATAS	CON PATAS	
Punta del Eje	A LA IZQUIERDA	A LA DERECHA	A LA IZQUIERDA	A LA DERECHA	PARA FRENTE	PARA FRENTE	PARA FRENTE	
Fijación	BASE	BASE	BRIDA FF	BRIDA FF	PARED	PARED	TECHO	
Forma Constructiva								
Referencia	B 14 E	B 14 D	B 34 E	B 34 D	B 35 E	B 35 D	V 1	
Carcasa	SIN PATAS	SIN PATAS	CON PATAS	CON PATAS	CON PATAS	CON PATAS	SIN PATAS	
Punta del Eje	A LA IZQUIERDA	A LA DERECHA	A LA IZQUIERDA	A LA DERECHA	A LA IZQUIERDA	A LA DERECHA	PARA ABAJO	
Fijación	BRIDA C	BRIDA C	BASE O BRIDA	BASE O BRIDA C	BASE O BRIDA FF	BASE O BRIDA FF	BRIDA FF	
Forma Constructiva								
Referencia	V 3	V 5	V 6	V 15	V 36	V 18	V 19	
Carcasa	SIN PATAS	CON PATAS	CON PATAS	CON PATAS	CON PATAS	SIN PATAS	SIN PATAS	
Punta del Eje	PARA ARRIBA	PARA ABAJO	PARA ARRIBA	PARA ABAJO	PARA ARRIBA	PARA ABAJO	PARA ARRIBA	
Fijación	BRIDA FF	PARED	PARED	PARED O BRIDA FF	PARED O BRIDA FF	BRIDA C	BRIDA C	

Potencia	Carcasa	Velocidad (rpm)	Intensidad Nominal				Torque			Rendimiento			Factor de Potencia			Factor de Servicio	GD ² Del Rotor (Kg m ²)	Peso (Kg)	
			220 V		380 V		Cn (Kg m)	Cp/Cn (%)	Cmáx/Cn (%)	η%			cos φ						
			In (A)	Ia (A)	In (A)	Ia (A)				50%	75%	100%	50%	75%	100%				
2 POLOS - 60 Hz																			
1/6	0,12	56a	3370	0,75	2,9	0,43	1,7	0,036	310	240	44,0	53,0	58,0	0,57	0,67	0,74	1,15	0,0007	3,3
1/4	0,18	56b	3345	1,06	4,5	0,61	2,6	0,053	280	280	45,0	55,0	60,0	0,59	0,69	0,76	1,15	0,0007	3,4
1/3	0,25	63a	3360	1,14	5,3	0,66	3,1	0,07	270	245	62,0	69,0	71,0	0,57	0,71	0,80	1,15	0,0014	4,9
1/2	0,37	63b	3370	1,62	7,7	0,93	4,4	0,106	295	260	68,0	72,5	73,0	0,63	0,75	0,82	1,15	0,0014	4,9
3/4	0,55	71a	3410	2,31	12,2	1,33	7,0	0,16	270	250	64,0	73,0	75,0	0,62	0,75	0,84	1,15	0,0022	9,0
1	0,75	71b	3410	2,96	18,3	1,71	10,6	0,21	280	270	68,0	76,0	77,0	0,66	0,79	0,85	1,15	0,0025	10,0
1,5	1,1	80a	3430	4,33	28,2	2,50	16,3	0,31	280	270	73,0	78,0	78,5	0,67	0,79	0,86	1,15	0,0048	13,5
2	1,5	80b	3425	5,43	36,0	3,14	20,8	0,42	300	280	78,0	80,5	81,0	0,73	0,84	0,88	1,15	0,0056	15,0
3	2,2	90S	3480	8,29	62,4	4,79	36,0	0,62	310	300	75,0	79,5	81,5	0,68	0,80	0,86	1,15	0,0100	20,0
4	3	90L	3470	10,8	88,3	6,23	51,0	0,83	335	310	78,0	81,5	82,5	0,71	0,82	0,87	1,15	0,0120	23,5
5	3,7	100L	3470	13,0	104	7,52	60,0	1,03	300	300	81,5	84,0	84,5	0,75	0,84	0,88	1,15	0,0170	29,0
6	4,5	112Ma	3500	15,3	133	8,82	76,5	1,23	300	310	83,0	85,0	85,5	0,75	0,85	0,89	1,15	0,0320	40,0
7,5	5,5	112M	3500	19,4	142	11,7	82,2	1,53	310	320	84,0	86,5	86,5	0,74	0,83	0,87	1,15	0,0322	41,0
10	7,5	132S	3520	25,4	187	14,7	108	2,1	310	300	83,0	86,5	87,5	0,78	0,85	0,87	1,15	0,0640	54,0
12,5	9,2	132Ma	3500	31,0	243	17,3	140	2,6	300	270	83,0	87,0	88,0	0,80	0,87	0,89	1,15	0,0750	67,0
15	11	132M	3515	36,5	310	21,1	179	3	340	300	85,0	89,0	89,5	0,80	0,87	0,89	1,15	0,0836	71,0
20	15	160Ma	3550	48,9	400	28,2	231	4,1	320	300	85,5	88,0	89,0	0,84	0,88	0,89	1,15	0,1750	93,0
25	18,5	160M	3540	58,8	516	34,0	298	5	300	280	86,0	88,5	89,5	0,88	0,91	0,92	1,15	0,2360	107
30	22	160L	3540	68,7	587	39,7	339	6,1	310	300	87,0	89,0	89,5	0,90	0,91	0,92	1,15	0,3100	125
40	30	200M	3550	95,7	658	55,2	380	8,1	330	310	88,0	90,0	90,2	0,85	0,88	0,89	1,15	0,6500	208
50	37	200L	3550	117,6	856	67,9	494	10,1	340	315	89,0	90,8	91,5	0,86	0,89	0,90	1,15	0,7200	247
60	45	225S/M	3545	136,6	1140	78,8	658	12,1	280	240	87,0	91,2	92,5	0,84	0,87	0,88	1,0	1,060	270
75	55	225S/M	3545	173,9	1438	100,4	830	15,2	320	305	88,0	91,8	92,8	0,86	0,89	0,90	1,0	1,300	314
100	75	250S/M	3550	232,8	1625	134,4	938	20	205	270	90,4	92,5	93,5	0,86	0,88	0,89	1,0	1,950	420
125	90	280S/M	3550	290,3	2026	167,6	1170	25	220	270	90,5	93,0	93,7	0,82	0,87	0,89	1,0	2,800	540
150	110	280S/M	3550	347,3	2425	200,5	1400	30	200	230	90,7	93,3	94,0	0,83	0,87	0,89	1,0	3,400	576
175	132	315S/M	3570	405,1	3031	233,9	1750	35	210	240	91,7	93,5	94,0	0,84	0,88	0,89	1,0	5,100	703
200	150	315S/M	3570	456,9	3327	263,8	1921	40	205	230	92,0	93,5	94,2	0,86	0,89	0,90	1,0	6,100	800
250	185	315S/M	3570	576,9	4027	333,1	2325	50	210	230	92,4	93,7	94,3	0,85	0,88	0,89	1,0	7,100	900
300	220	355M/L	3575	694,5	5194	401,0	2999	60	205	220	91,0	93,3	94,0	0,86	0,88	0,89	1,0	7,500	1270
350	225	355M/L	3575	800,4	6386	462,2	3687	70	200	210	91,5	93,5	94,1	0,88	0,90	0,90	1,0	8,500	1390
400	295	355M/L	3580	912,9	7739	527,1	4468	80	210	220	91,5	93,5	94,3	0,89	0,90	0,90	1,0	10,000	1460
450	330	355M/L	3580	1022	8688	590	5016	90	220	230	92,0	94,0	94,5	0,89	0,90	0,90	1,0	11,000	1500

Potencia	Carcasa	Velocidad (rpm)	Intensidad Nominal				Torque			Rendimiento			Factor de Potencia			Factor de Servicio	GD ² Del Rotor (Kg m ²)	Peso (Kg)	
			220 V		380 V		Cn (Kg m)	Cp/Cn (%)	Cmáx/Cn (%)	η%			cos φ						
			In (A)	Ia (A)	In (A)	Ia (A)				50%	75%	100%	50%	75%	100%				
4 POLOS - 60 Hz																			
1/8	0,09	56a	1710	0,91	2,77	0,53	1,60	0,05	300	330	36,0	44,5	50,0	0,42	0,48	0,53	1,15	0,0007	3,3
1/6	0,12	56b	1680	1,07	3,12	0,62	1,80	0,07	285	235	39,0	47,0	52,0	0,44	0,52	0,58	1,15	0,0007	3,3
1/4	0,18	63a	1695	1,11	4,50	0,64	2,60	0,1	245	260	53,0	60,0	64,0	0,47	0,59	0,68	1,15	0,0014	4,8
1/3	0,25	63b	1680	1,44	6,24	0,83	3,60	0,15	300	285	53,0	61,0	65,0	0,47	0,59	0,69	1,15	0,0014	4,8
1/2	0,37	71a	1700	1,92	9,53	1,11	5,50	0,21	225	245	62,0	68,5	71,0	0,49	0,61	0,71	1,15	0,0041	9,6
3/4	0,55	71b	1680	2,88	13,9	1,66	8,00	0,32	265	265	68,0	71,5	72,0	0,50	0,62	0,70	1,15	0,0041	9,6
1	0,75	80a	1730	2,96	19,1	1,71	11,0	0,42	210	270	74,0	77,5	78,0	0,65	0,77	0,84	1,15	0,0087	14,0
1,5	1,1	80b	1700	4,33	30,1	2,50	17,4	0,63	210	240	75,0	78,5	79,0	0,66	0,78	0,85	1,15	0,0094	14,7
2	1,5	90S	1730	5,94	40,0	3,43	23,1	0,83	220	260	79,0	81,0	81,5	0,60	0,73	0,80	1,15	0,0180	19,8
3	2,2	90L	1720	8,43	65,0	4,87	37,5	1,3	290	310	81,0	82,5	83,0	0,64	0,75	0,83	1,15	0,0250	24,0
4	3	100La	1710	10,8	75,3	6,23	43,5	1,7	240	260	80,0	83,0	83,5	0,70	0,82	0,86	1,15	0,0240	29,0
5	3,7	100L	1730	13,7	106	7,93	61,1	2,1	290	330	83,5	85,0	85,0	0,67	0,79	0,83	1,15	0,0300	32,0
6	4,5	112Ma	1750	16,7	117	9,63	67,4	2,5	260	320	85,0	85,5	86,0	0,62	0,75	0,81	1,15	0,0650	41,0
7,5	5,5	112M	1740	20,6	159	11,9	92,0	3,1	265	335	84,5	86,5	87,0	0,63	0,75	0,81	1,15	0,0650	42,0
10	7,5	132S	1750	26,0	191	15,0	110	4,1	215	275	86,0	87,5	87,5	0,73	0,83	0,85	1,15	0,1310	55,0
12,5	9,2	132Ma	1750	31,2	267	18,0	154	5,1	210	265	86,5	87,5	87,5	0,78	0,86	0,89	1,15	0,1580	63,0
15	11	132M	1750	37,3	319	21,5	184	6,1	245	355	87,0	88,0	88,5	0,75	0,84	0,88	1,15	0,2100	67,0
20	15	160M	1745	49,2	416	28,4	240	8,2	225	300	87,0	88,7	89,5	0,75	0,84	0,88	1,15	0,3390	106
25	18,5	160L	1750	60,1	521	34,7	301	10,2	220	330	87,5	90,0	90,5	0,81	0,86	0,89	1,15	0,3900	116
30	22	180M	1760	72,6	648	41,9	374	12,2	200	320	90,0	90,7	91,0	0,78	0,85	0,88	1,15	0,5000	151
40	30	200M	1770	96,0	727	55,4	420	16,2	250	270	89,7	91,2	91,7	0,77	0,85	0,88	1,15	1,1200	211
50	37	200L	1770	119,1	837	68,8	483	20	230	255	89,7	92,0	92,4	0,80	0,86	0,88	1,15	1,3000	237
60	45	225S/M	1770	140,4	883	81,1	510	24	230	270	91,3	92,7	93,0	0,81	0,87	0,89	1,0	1,7000	265
75	55	225S/M	1765	177,5	999	102,5	577	30	220	255	91,5	92,8	93,0	0,80	0,86	0,88	1,0	2,0000	291
100	75	250S/M	1770	238,1	1663	137,5	960	40	250	260	92,0	93,0	93,5	0,78	0,84	0,87	1,0	3,4000	427
125	90	280S/M	1775	293,3	1992	169,3	1150	50	240	250	92,0	93,2	93,8	0,84	0,87	0,88	1,0	5,7000	545
150	110	280S/M	1770	346,9	2169	200,3	1252	60	220	230	92,5	93,6	94,1	0,85	0,88	0,89	1,0	6,7000	615
175	132	315S/M	1775	409,3	2657	236,3	1534	70	210	220	93,0	93,8	94,1	0,84	0,87	0,88	1,0	10,5000	790
200	150	315S/M	1780	465,8	2991	268,9	1727	80	200	200	93,4	94,3	94,5	0,84	0,87	0,88	1,0	12,5000	878
250	185	315S/M	1780	575,7	3733	332,4	2155	100	210	200	93,5	94,4	94,5	0,85	0,88	0,89	1,0	14,5000	966
300	220	355M/L	1780	698,7	4877	403,4	2816	120	210	200	93,7	94,5	94,5	0,84	0,87	0,88	1,0	16,0000	13

Potencia (HP)	Carcasa (kW)	Velocidad (rpm)	Intensidad Nominal				Torque			Rendimiento η%			Factor de Potencia cos φ			Factor de Servicio	GD ² Del Rotor (Kgm ²)	Peso (Kg)	
			220 V		380 V		Cn (Kgm)	Cp/Cn (%)	Cmbx/Cn (%)	50%	75%	100%	50%	75%	100%				
			In (A)	Ia (A)	In (A)	Ia (A)													
6 POLOS - 60 Hz																			
1/8	0,09	63a	1090	0,73	2,08	0,42	1,2	0,08	200	195	39,0	46,5	50,0	0,50	0,59	0,66	1,15	0,0014	4,8
1/6	0,12	63b	1085	0,97	2,77	0,56	1,6	0,11	205	195	40,0	48,5	52,0	0,50	0,58	0,64	1,15	0,0014	4,8
1/4	0,18	71a	1100	1,45	4,16	0,84	2,4	0,16	210	220	43,0	50,5	53,0	0,46	0,55	0,63	1,15	0,0035	9,0
1/3	0,25	71b	1110	2,02	5,54	1,17	3,2	0,22	220	205	46,0	52,5	55,0	0,42	0,51	0,58	1,15	0,0041	9,6
1/2	0,37	80a	1150	2,13	11,1	1,23	6,4	0,31	275	340	60,0	66,5	69,0	0,45	0,57	0,66	1,15	0,0091	13,0
3/4	0,55	80b	1135	2,84	13,0	1,64	7,5	0,47	185	205	64,0	69,0	71,0	0,50	0,62	0,72	1,15	0,0095	13,5
1	0,75	90Sa	1160	3,90	20,3	2,25	11,7	0,61	220	275	67,0	71,0	73,0	0,49	0,59	0,68	1,15	0,0220	19,5
1,5	1,1	90S	1135	5,46	24,1	3,15	13,9	0,94	170	240	63,0	74,0	75,0	0,53	0,64	0,71	1,15	0,0220	19,5
2	1,5	100La	1150	7,19	38,1	4,15	22,0	1,2	190	240	71,0	75,0	77,0	0,49	0,62	0,70	1,15	0,0380	29,0
3	2,2	100L	1150	10,0	65,8	5,78	38,0	1,9	275	320	74,0	77,5	78,5	0,53	0,65	0,74	1,15	0,0490	31,0
4	3	112M	1150	13,0	76,2	7,49	44,0	2,5	195	285	78,0	82,0	83,0	0,52	0,64	0,72	1,15	0,0580	36,0
5	3,7	132Sa	1150	14,1	79,7	8,12	46,0	3,1	170	250	82,0	84,5	85,0	0,67	0,76	0,81	1,15	0,1150	50,0
6	4,5	132S	1150	17,9	100,5	10,3	58,0	3,7	180	265	83,0	85,0	85,5	0,60	0,70	0,76	1,15	0,1150	52,0
7,5	5,5	132Ma	1160	21,1	150,7	12,2	87,0	4,7	185	220	83,0	85,5	86,0	0,62	0,74	0,80	1,15	0,1650	63,0
10	7,5	132M	1150	28,2	188,8	16,3	109,0	6,2	200	260	84,5	86,5	87,0	0,61	0,73	0,79	1,15	0,1900	66,0
12,5	9,2	160Ma	1175	36,0	270,2	20,8	156,0	7,6	200	250	84,0	86,5	87,5	0,57	0,68	0,75	1,15	0,4100	98,0
15	11	160M	1175	44,1	325,6	25,5	188,0	9,5	180	255	85,5	88,0	89,0	0,55	0,67	0,74	1,15	0,4100	100
20	15	160L	1170	56,2	436,5	32,5	252,0	12,2	180	270	87,0	89,0	89,5	0,60	0,72	0,77	1,15	0,5800	126
25	18,5	180L	1170	65,5	372,4	37,8	215,0	15,3	225	230	89,0	90,0	90,2	0,66	0,77	0,82	1,15	0,9200	170
30	22	200L	1180	80,8	519,6	46,7	300,0	18,3	235	290	90,0	90,8	91,0	0,67	0,76	0,79	1,15	1,4000	225
40	30	200L	1175	108,3	614,9	62,5	355,0	24	185	265	90,8	91,5	91,7	0,64	0,75	0,78	1,15	1,7000	240
50	37	225S/M	1185	140,4	850,4	81,0	491,0	30	225	265	90,5	91,8	92,0	0,64	0,71	0,75	1,0	2,8000	305
60	45	250S/M	1175	149,6	940,5	86,4	543,0	36	215	260	91,0	92,3	92,5	0,69	0,79	0,84	1,0	3,3000	475
75	55	250S/M	1175	182,0	1015	105,1	586,0	46	190	230	91,4	92,5	92,8	0,73	0,82	0,86	1,0	4,0000	480
100	75	280S/M	1180	250,9	1325	144,9	765,0	61	200	210	92,0	92,8	93,0	0,72	0,80	0,83	1,0	7,5000	625
125	90	280S/M	1180	312,0	1680	180,1	970,0	76	190	210	92,5	93,5	93,0	0,72	0,80	0,83	1,0	8,8000	710
150	110	315S/M	1185	359,0	2051	207,3	1184	90	200	230	93,0	93,7	94,1	0,75	0,84	0,86	1,0	16,000	980
175	132	315S/M	1185	418,8	2515	241,8	1452	106	200	220	93,0	94,0	94,1	0,74	0,83	0,86	1,0	18,000	1080
200	150	315S/M	1185	478,2	2737	276,1	1580	121	210	230	93,0	94,0	94,2	0,75	0,83	0,86	1,0	20,000	1150
250	184	355M/L	1190	642,5	3066	371,0	1770	150	220	210	93,5	94,2	94,2	0,70	0,77	0,80	1,0	22,000	1380
300	220	355M/L	1185	770,2	3118	444,7	1800	180	210	200	93,5	94,0	94,3	0,70	0,78	0,80	1,0	26,000	1500
350	255	355M/L	1190	896,7	5577	517,7	3220	210	200	190	94,0	94,3	94,5	0,70	0,78	0,80	1,0	30,000	1630
400	295	355M/L	1190	1021,5	6374	589,8	3680	240	235	210	94,0	94,5	94,8	0,71	0,78	0,80	1,0	33,000	1730
450	330	355M/L	1190	1146,8	6538	662,1	3775	270	230	210	94,0	95,0	95,0	0,71	0,78	0,80	1,0	37,000	1820

A.12. Resistividad de materiales

Material	ρ en Ω.mm ² /m.
Aluminio	0,026
Bronce	0,13 – 0,29
Carbón	100 ~ 1000
Cobre	0,0175
Hierro	0,10 ~ 0,14
Mercurio	0,95
Niquelina	0,44
Nichrom	1,10
Oro	0,022
Plata	0,016
Platino	0,094

A.13. Catalogo INDECO de conductores eléctricos.



NYY DUPLEX / TRIPLE

Usos

Aplicación general como cable de energía. En redes de distribución en baja tensión, instalaciones industriales, en edificios y estaciones de maniobra. En instalaciones fijas, en ambientes interiores (en bandejas, canaletas, etc.), directamente enterrado en lugares secos y húmedos.

Descripción

Conductores de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado (comprimido, compactado), aislamiento y cubierta individual de PVC. En la conformación duplex los dos conductores son trenzados entre sí. En la conformación triple, los tres conductores son ensamblados en forma paralela mediante una cinta de sujeción.

Características

Buenas propiedades eléctricas y mecánicas. La cubierta exterior de PVC le otorga una adecuada resistencia a los ácidos, grasas, aceites y a la abrasión. Facilita empalmes, derivaciones y terminaciones. Menor peso que los cables NYN convencionales y mejor disipación de calor permitiendo obtener una mayor intensidad de corriente admisible. Retardante a la llama.

Marcación

INDECO S.A. NYN(80°) 0.6/1 kV 3-1x<Sección> <Año> <Metrado Secuencial>

Calibre

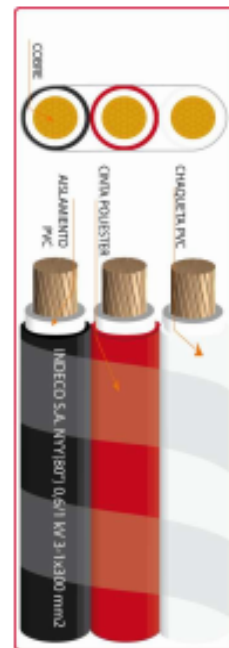
6 mm² – 500 mm²

Embalaje

En carretes de madera, en longitudes requeridas.

Colores

Aislamiento: Blanco
Cubierta: Duplex : Blanco, negro.
Triple : Blanco, negro, rojo.



Norma(s) de Fabricación
NTP-IEC 60502-1
Tensión de servicio
0.6/1 kV
Temperatura de operación
80 °C

TABLA DE DATOS TECNICOS NYT TRIPLE

CALIBRE	Nº HILOS	ESPEORES		DIMENCIONES		PESO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA	ALTO	ANCHO		ENTERRADO	AIRE	DUCTO
Nº x mm ²		mm	mm	mm	mm	(Kg/Km)	A	A	A
3 - 1 x 6	1	1	1.4	7.8	23.2	324	72	54	58
3 - 1 x 10	1	1	1.4	8.6	25.7	455	95	74	77
3 - 1 x 16	7	1	1.4	9.8	29.1	672	127	100	102
3 - 1 x 25	7	1.2	1.4	11.4	33.9	992	163	131	132
3 - 1 x 35	7	1.2	1.4	12.4	37.1	1298	195	161	157
3 - 1 x 50	19	1.4	1.4	14.1	42	1707	230	196	186
3 - 1 x 70	19	1.4	1.4	15.7	46.8	2339	282	250	222
3 - 1 x 95	19	1.6	1.5	18.2	54.3	3209	336	306	265
3 - 1 x 120	37	1.6	1.5	19.9	59.5	3975	382	356	301
3 - 1 x 150	37	1.8	1.6	21.7	64.9	4836	428	408	338
3 - 1 x 185	37	2	1.7	24.1	72	6027	483	470	367
3 - 1 x 240	37	2.2	1.8	27	80.8	7825	561	562	426
3 - 1 x 300	37	2.4	1.9	29.8	89.3	9736	632	646	480
3 - 1 x 400	61	2.6	2	33.2	99.4	12336	730	790	555
3 - 1 x 500	61	2.8	2.1	36.9	110.4	15590	823	895	567

Usos

Distribución y subtransmisión subterránea de energía. Como alimentadores de transformadores en sub-estaciones. En centrales eléctricas, instalaciones industriales y de maniobra, en urbanizaciones e instalaciones mineras, en lugares secos o húmedos.

Descripción

Conductor de cobre electrolítico recocido, cableado compactado. Compuesto semiconductor extruído sobre el conductor. Aislamiento de Polietileno Reticulado (XLPE), compuesto semiconductor extruído y cinta o alambres de cobre electrolítico sobre el conductor aislado. Cubierta externa de PVC.

Características

Temperatura del conductor de 90°C para operación normal, 130°C para sobrecarga de emergencia y 250°C para condiciones de corto circuito. Excelentes propiedades contra el envejecimiento por calor. Resistencia al impacto y a la abrasión. Resistente a la luz solar, intemperie, humedad, ozono, ácidos, álcalis y otras sustancias químicas a temperaturas normales. Retardante a la llama.

Marca

INDECO S.A. N2XSY <Voltaje> <Sección> <Año> <Metrado Secuencial>

Calibres

10 mm² - 500 mm²

Embalaje

En carretes de madera; en longitudes requeridas.

Colores

Aislamiento: Natural.
Cubierta¹: Rojo.



Norma(s) de Fabricación
NTP-IEC 60502-2
Tensión de servicio
3.6/6kV, 6/10kV, 8.7/15kV,
12/20kV, 18/30 kV
Temperatura de operación
90°C

TABLA DE DATOS TECNICOS N2XS Y 8.7/15 kV

PARAMETROS FISICOS

SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMET CONDUCT	ESPESOR		DIAMETRO EXTERIOR	PESO
			AISLAM.	CUBIERTA		
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km
25	7	5.88	4.5	1.8	22.0	773
35	7	6.92	4.5	1.8	23.1	890
50	19	8.15	4.5	1.8	24.3	1032
70	19	9.78	4.5	1.8	26.0	1262
95	19	11.55	4.5	1.8	27.7	1549
120	37	13	4.5	1.9	29.4	1823
150	37	14.41	4.5	1.9	30.6	2106
185	37	16.16	4.5	2	32.5	2505
240	37	18.51	4.5	2.1	35.1	3107
300	37	20.73	4.5	2.2	37.5	3742
500	61	26.57	4.5	2.4	43.9	5702

PARAMETROS ELECTRICOS

SECCION NOMINAL	RESISTENCIA DC a 20°C	RESISTENCIA AC		REACTANCIA INDUCTIVA		AMPACIDAD ENTERRADO (20°C)		AMPACIDAD AIRE (30°C)	
		(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
		Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	(A)	(B)	(A)
25	0.727	0.927	0.927	0.2964	0.1713	180	160	195	165
35	0.524	0.668	0.669	0.2849	0.1627	215	190	235	200
50	0.387	0.494	0.494	0.2704	0.1513	250	225	280	240
70	0.268	0.342	0.342	0.2579	0.1426	305	275	350	295
95	0.193	0.247	0.247	0.2474	0.1365	360	325	420	360
120	0.153	0.196	0.196	0.2385	0.1305	405	370	485	410
150	0.124	0.159	0.160	0.2319	0.1264	445	410	540	465
185	0.0991	0.127	0.128	0.2250	0.1230	495	460	615	530
240	0.0754	0.098	0.099	0.2160	0.1177	570	535	720	625
300	0.0601	0.078	0.08	0.2091	0.1139	630	600	815	715
500	0.0366	0.050	0.053	0.1957	0.1081	750	745	1010	925

(A)= 3 cables unipolares en formación tripolar, tendidos paralelos con una separación de 7 cm.

(B)= 3 cables unipolares en formación tripolar, tendidos, agrupados en triángulo, en contacto.

BAJO LAS SIGUIENTES CONDICIONES:

- TEMPERATURA DEL SUELO = 20°C
- TEMPERATURA DEL AIRE = 30°C
- RESISTIVIDAD DEL SUELO = 1k.m/W
- PROFUNDIDAD DE INSTALAC. = 700 mm.



100-200

BOMBA CENTRIFUGA ISO 2858

DESCRIPCION GENERAL

La bomba centrífuga ISO 2858 es una bomba fabricada según los estándares de la ISO. Esto garantiza intercambiabilidad de piezas, facilidad de reparación y mantenimiento y una sustitución perfecta con las bombas de otros fabricantes sin necesidad de cambios en la instalación. Un mínimo de componentes, y una construcción simple y robusta garantizan un servicio eficiente y libre de mantenimiento.

DETALLES CONSTRUCTIVOS

Caja: Fabricada en hierro fundido gris o nodular con recubrimiento cerámico. Diseñada con sistema "back pull out" que permite un rápido desmontaje para una eventual reparación o inspección. Alternativamente se suministra en bronce o acero inoxidable sin recubrimiento cerámico.

Impulsor: Del tipo centrífugo cerrado. Fabricado en hierro fundido gris o nodular, alternativamente se suministra en bronce y en acero inoxidable. Está diseñado para una máxima eficiencia de bombeo. Balanceado electrónicamente para evitar vibraciones.

Prensaestopa: Como ejecución estándar se suministra el equipo con prensaestopas de fibra acrílica trenzada. Alternativamente se suministra con sello mecánico.

Soporte: Construido en hierro fundido gris con rodamientos lubricados por grasa, especialmente seleccionados para severas condiciones de operación. Eje de acero al carbono dimensionado con amplio factor de seguridad.

Contrabridas: Para permitir una fácil instalación. Opcionalmente se puede suministrar a pedido contrabridas para los modelos de hasta 80 mm de diámetro de succión, para conexión a tuberías con rosca estándar americana.

APLICACIONES

Agricultura, suministro de agua potable, alimentación de calderos, riego en general, sistemas de calefacción y aire acondicionado, bombeo de líquidos viscosos, compuestos químicos, construcción, minería, industria en general.

DESIGNACION DE LA BOMBA



DATOS TECNICOS

MODELO	EJECUCION METALURGICA		SOPORTE				RPM MAX	DIAMETRO DEL EJE				PRESION DE PRUEBA HIDROSTATICA (m)	ESPESOR DE CAJA (mm)	N° DE ALABES	T MAX (°C)
	STD	ALTER-NATIVA	TRANS. DIRECTA	TRANS. FAJAS	PRENSA ESTOPA	SELLO MECANICO		IMPULSOR	PRENSA ESTOPA	SELLO	COPE				
32-125	0		B385-A	B385-B								60	5.5	7	90
32-160	0	1,5,6,7,9	C385-C	C385-D								100	7	6	
32-16DL												70	5.5	6	
40-125	0		B385-A	B385-B								100	6	6	
40-160	0*	1*,5,6,7*,9	C385-C	C385-D								100	6	6	
40-200	1*	5,9	D385-E	D385-F								160	7	7	
40-250	9**	5,6	E500-A	E500-B								250	9	7	
50-125	0	1,5,6,7,9										70	7	7	
50-160	1*	5,6,7,9	C385-E	C385-F								100	6.5	6	
50-200	1	5,9	D385-E	D385-F								160	7	7	
50-250	9	5	E500-A	E500-B								250	9	7	
65-160	1	5,6,7,9	D500-A	D500-B								100	7	7	
65-200			(D500-A)	(D500-B)								160	7.5	6	
65-250	9	5	D500-0	D500-1								250		6	
65-315		5,6,7	(F530-A)	(F530-B)								100	11	7	
80-200	0	1,5,6,7,9	D500-A	D500-B								40	7	7	
80-250		1,5,9	(E500-A)	(E500-B)								65	9	6	
80-315	1	5,9	(F530-A)	(F530-B)								100	11	7	
100-200	0	1,5,6,7,9	(D500-A)	(D500-B)								40	9	7	
125-250		1,5,9	(E530-A)	(E530-B)								65		6	
125-315	9	5	(F530-A)	(F530-B)								100	11	7	
125-400			(H530-C)	(H530-D)								160		6	
150-315			H670-A	H670-B								70	12	7	
150-400			F670-A	F670-B								165		6	
200-400			H750-A	H750-B****								159	13	7	

* : CAJA EN FIERRO FUNDIDO NODULAR
 ** : CON FAJAS Y POLEAS SOLO @ 1200 RPM.
 **** : CON FAJAS Y POLEAS USAR CONTRAEJE

** : IMPULSOR Y ANILLO DESGASTE EN BRONCE AL SILICIO

() : SOPORTE ANTIGUO

EJECUCIONES METALURGICAS

NOMINACION COMPONENTE	EJECUCION METALURGICA						
	0	1	5	6	7	9	
CAJA	A48CL30B	A48CL30B	AISI-316	B584-872	A48CL30B	A536-8060	
IMPULSOR	A48CL30B	A536-8060	AISI-316	B584-872	B584-872	A536-8060	
PERNO CENTRAL	AISI-316	AISI316	AISI-316	AISI-316	AISI-316	AISI-316	
ANILLO DESGASTE	A48CL30B	A48CL30B	AISI-316	B584-872	B584-872	A48CL30B	
GUIADOR	A48CL30B	A48CL30B	AISI-316	B584-872	B584-872	A536-8060	
PIEZA INTERMEDIA	A48CL30B	A48CL30B	AISI-316	B584-872	A48CL30B	A536-8060	
CAJA PRENSAESTOPA	A48CL30B	A48CL30B	AISI-316	B584-872	A48CL30B	A48CL30B	
BOCINA PRENSAESTOPA	B584-836	B584-836	AISI-316	B584-836	B584-836	B584-836	
LUNETAS	A536-8060	A536-8060	AISI-316	B584-872	A536-8060	A536-8060	
BOCINA EJE	AISI-420	AISI-420	AISI-316	AISI-420	AISI-420	AISI-420	
EJE	AISI-1045	AISI-1045	AISI-316	AISI-416	AISI-416	AISI-1045	
CASCO RODAMIENTO	A48CL30B	A48CL30B	A48CL30B	A48CL30B	A48CL30B	A48CL30B	
TAPA RODAMIENTO DELANTERO	A48CL30B	A48CL30B	AISI-316	A48CL30B	A48CL30B	A48CL30B	

MATERIALES

A48CL30B : FIERRO FUNDIDO GRIS
 A536-8060 : FIERRO FUNDIDO NODULAR
 B584-872 : BRONCE AL SILICIO
 B584-836 : BRONCE EMPLOMADO
 AISI-1045 : ACERO AL CARBONO
 AISI-420 : ACERO AL CARBONO ANTICORROSIVO
 AISI-416 : ACERO INOXIDABLE
 AISI-316 : ACERO INOXIDABLE

NOTA:
 LAS EJECUCIONES 0, 1, 7 Y 9 TIENEN SOLO LA CAJA CON RECUBRIMIENTO CERAMICO. LAS EJECUCIONES 5 Y 6 TIENEN CAJA SIN RECUBRIMIENTO CERAMICO.

NOTA: PARA UNA SELECCION CORRECTA DE MATERIALES CONSULTE CON EL DEPARTAMENTO DE VENTAS

BOMBA CENTRIFUGA
 ISO 2858
 CATALOGO I - VERSION: G
 REV.10_06/12_2



A.15. Propiedades del vapor de escape de la turbina a 2.42 bar absolutos.

ChemicaLogic SteamTab Companion

About Saturated Superheated/Subcooled Constants

Independent Variable:
 Temperature
 Pressure Value, bar

Units:
 Metric/SI
 English

Phase:
 Vapor Liquid Two-phase

Property	Value	Unit
Temperature	126.343	°C
Pressure	2.42	bar
Steam quality	0	%
Volume	0.0010662	m ³ /kg
Density	937.909	kg/m ³
Compressibility factor	0.00139945	dimensionless
Enthalpy	530.793	kJ/kg
Entropy	1.59587	kJ/(kg.°C)
Helmoltz free energy	-107.005	kJ/kg
Internal energy	530.535	kJ/kg
Gibbs free energy	-106.747	kJ/kg
Heat capacity at constant volume	3.63485	kJ/(kg.°C)

ChemicaLogic Corporation, 8 Cedar St. Ste 56, Wobum, MA 01801 Tel: 781-938-1151
 Copyright © 1999 ChemicaLogic Corporation. All rights reserved.

ChemicaLogic SteamTab Companion

About Saturated Superheated/Subcooled Constants

Independent Variable:
 Temperature
 Pressure Value, bar

Units:
 Metric/SI
 English

Phase:
 Vapor Liquid Two-phase

Property	Value	Unit
Heat capacity at constant pressure	4.25458	kJ/(kg.°C)
Speed of sound	1510.28	m/s
Coefficient of thermal expansion	0.000892219	1/°C
Isothermal compressibility	5.47135E-005	1/bar
dPdT: Partial derivative of P with T at constant V	16.3071	bar/°C
dVdT: Partial derivative of V with T at constant P	9.51285E-007	m ³ /(kg.°C)
dVdP: Partial derivative of V with P at constant T	-5.83356E-008	m ³ /(kg.bar)
Viscosity (dynamic)	219.543	μPa.s
Thermal conductivity	0.683621	W/(m.°C)
Surface tension	0.0536815	N/m
Prandtl number	1.36635	dimensionless
Static dielectric constant	49.153	dimensionless

ChemicaLogic Corporation, 8 Cedar St. Ste 56, Wobum, MA 01801 Tel: 781-938-1151
 Copyright © 1999 ChemicaLogic Corporation. All rights reserved.

A.16. Resistencias de ensuciamiento

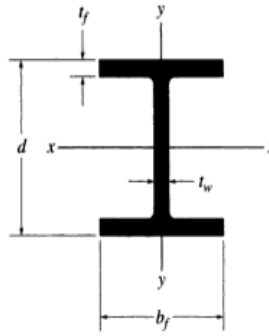
Fluido	$R_f, m^2 \cdot ^\circ C/W$
Agua destilada, agua de mar, agua de río, agua de alimentación para calderas: Por debajo de 50°C	0.0001
Arriba de 50°C	0.0002
Combustóleo	0.0009
Vapor de agua (libre de aceite)	0.0001
Refrigerantes (líquido)	0.0002
Refrigerantes (vapor)	0.0004
Vapores de alcohol	0.0001
Aire	0.0004

(Fuente: Tubular Exchange Manufacturers Association.)

A.17. Propiedades de metales sólidos:

Composición	Punto de fusión, K	Propiedades a 300 K				Propiedades a varias temperaturas (K), $k(W/m \cdot K)/c_p(J/kg \cdot K)$					
		ρ kg/m ³	c_p J/kg · K	k W/m · K	$\alpha \times 10^6$ m ² /s	100	200	400	600	800	1 000
Cobre:											
Puro	1 358	8 933	385	401	117	482	413	393	379	366	352
						252	356	397	417	433	451
Bronce comercial (90% Cu, 10% Al)	1 293	8 800	420	52	14		42	52	59		
							785	160	545		
Bronce al fósforo para engranes (89% Cu, 11% Sn)	1 104	8 780	355	54	17		41	65	74		
							—	—	—		
Latón para cartuchos (70% Cu, 30% Zn)	1 188	8 530	380	110	33.9	75	95	137	149		
							360	395	425		
Constantán (55% Cu, 45% Ni)	1 493	8 920	384	23	6.71	17	19				
						237	362				
Germanio	1 211	5 360	322	59.9	34.7	232	96.8	43.2	27.3	19.8	17.4
						190	290	337	348	357	375
Oro	1 336	19 300	129	317	127	327	323	311	298	284	270
						109	124	131	135	140	145
Iridio	2 720	22 500	130	147	50.3	172	153	144	138	132	126
						90	122	133	138	144	153
Hierro:											
Puro	1 810	7 870	447	80.2	23.1	134	94.0	69.5	54.7	43.3	32.8
						216	384	490	574	680	975
Armco (99.75% puro)		7 870	447	72.7	20.7	95.6	80.6	65.7	53.1	42.2	32.3
						215	384	490	574	680	975
Aceros al carbono:											
Simple al carbono (Mn \leq 1%, Si \leq 0.1%)		7 854	434	60.5	17.7			56.7	48.0	39.2	30.0
								487	559	685	1 169
AISI 1010		7 832	434	63.9	18.8			58.7	48.8	39.2	31.3
								487	559	685	1 168
Al carbono-silicio (Mn \leq 1%, 0.1% < Si \leq 0.6%)		7 817	446	51.9	14.9			49.8	44.0	37.4	29.3
								501	582	699	971









A.18. Ficha técnica, perfil estructural para vigas tipo W. Material ASTM A-36



Vigas de patín ancho o perfiles W. Unidades SI

Designación	Área A	Peralte d	Espesor del alma t _w	Patín		Eje x-x			Eje y-y		
				ancho b _f	espesor t _f	I	S	r	I	S	r
mm × kg/m	mm ²	mm	mm	mm	mm	10 ⁶ mm ⁴	10 ³ mm ³	mm	10 ⁶ mm ⁴	10 ³ mm ³	mm
W310 × 129	16 500	318	13.10	308.0	20.6	308	1 940	137	100	649	77.8
W310 × 74	9 480	310	9.40	205.0	16.3	165	1 060	132	23.4	228	49.7
W310 × 67	8 530	306	8.51	204.0	14.6	145	948	130	20.7	203	49.3
W310 × 39	4 930	310	5.84	165.0	9.7	84.8	547	131	7.23	87.6	38.3
W310 × 33	4 180	313	6.60	102.0	10.8	65.0	415	125	1.92	37.6	21.4
W310 × 24	3 040	305	5.59	101.0	6.7	42.8	281	119	1.16	23.0	19.5
W310 × 21	2 680	303	5.08	101.0	5.7	37.0	244	117	0.986	19.5	19.2
W250 × 149	19 000	282	17.30	263.0	28.4	259	1 840	117	86.2	656	67.4
W250 × 80	10 200	256	9.40	255.0	15.6	126	984	111	43.1	338	65.0
W250 × 67	8 560	257	8.89	204.0	15.7	104	809	110	22.2	218	50.9
W250 × 58	7 400	252	8.00	203.0	13.5	87.3	693	109	18.8	185	50.4
W250 × 45	5 700	266	7.62	148.0	13.0	71.1	535	112	7.03	95	35.1
W250 × 28	3 620	260	6.35	102.0	10.0	39.9	307	105	1.78	34.9	22.2
W250 × 22	2 850	254	5.84	102.0	6.9	28.8	227	101	1.22	23.9	20.7
W250 × 18	2 280	251	4.83	101.0	5.3	22.5	179	99.3	0.919	18.2	20.1
W200 × 100	12 700	229	14.50	210.0	23.7	113	987	94.3	36.6	349	53.7
W200 × 86	11 000	222	13.00	209.0	20.6	94.7	853	92.8	31.4	300	53.4
W200 × 71	9 100	216	10.20	206.0	17.4	76.6	709	91.7	25.4	247	52.8
W200 × 59	7 580	210	9.14	205.0	14.2	61.2	583	89.9	20.4	199	51.9
W200 × 46	5 890	203	7.24	203.0	11.0	45.5	448	87.9	15.3	151	51.0
W200 × 36	4 570	201	6.22	165.0	10.2	34.4	342	86.8	7.64	92.6	40.9

A.19. Ficha técnica de pernos SAE

SAE Specifications for Steel Bolts						
SAE Grade No.	Size Range Inclusive, in	Minimum Proof Strength,* kpsi	Minimum Tensile Strength,* kpsi	Minimum Yield Strength,* kpsi	Material	Head Marking
1	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Low or medium carbon	
2	$\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$ $\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	55	74	57	Low or medium carbon	
		33	60	36		
4	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Medium carbon, cold-drawn	
5	$\frac{1}{4}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85	120	92	Medium carbon, Q&T	
		74	105	81		
5.2	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Low-carbon martensite, Q&T	
7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	105	133	115	Medium-carbon alloy, Q&T	
8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Medium-carbon alloy, Q&T	
8.2	$\frac{1}{4}$ -1	120	150	130	Low-carbon martensite, Q&T	

A.20. Esfuerzos admisibles, según la naturaleza del terreno

Naturaleza	Esfuerzo admisible KPa
Roca dura solida	2400
Pizarra o roca mediana	960
Roca blanda	480
Arcilla dura o grava compacta	380
Arcilla blanda o arena suelta	100

A.21. Presión del viento según el National Building Code NBC


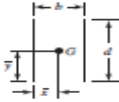
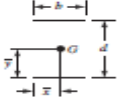
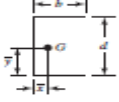
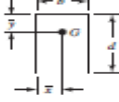
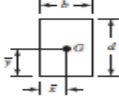
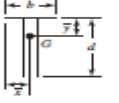
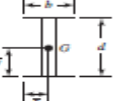

Carga del viento

Altura (m)	Presión KPa
< 9	0.75
9.1 a 14.9	1
15 a 30	1.25
30.1 a 150	1.50

Factor de multiplicación

Forma	Factor
Rectangular o cuadrada	1
Hexágono u octogonal	0.8
Redonda o elíptica	0.6

A.22. Propiedades de perfiles de soldadura sometidos a flexión

Weld	Throat Area	Location of G	Unit Second Moment of Area
	$A = 0.707hd$	$x = 0$ $y = d/2$	$I_x = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$x = b/2$ $y = d/2$	$I_x = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hd$	$x = b/2$ $y = d/2$	$I_x = \frac{bd^2}{2}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $y = d/2$	$I_x = \frac{d^2}{12}(6b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$x = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_x = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1.414h(b + d)$	$x = b/2$ $y = d/2$	$I_x = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$x = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_x = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1.414h(b + d)$	$x = b/2$ $y = d/2$	$I_x = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 1.414\pi hr$		$I_x = \pi r^3$

* I_x unit second moment of area, is taken about a horizontal axis through G, the centroid of the weld group, h is weld size, the plane of the bending couple is normal to the plane of the paper and parallel to the y-axis; all welds are of the same size.

A.23. Ficha técnica del electrodo E7018



INDURA
Tecnología a su servicio
GASES • SOLDADURAS • EQUIPOS

Indura 7018 - AR	Clasificación AWS: E-7018
<ul style="list-style-type: none"> • Electrodo para acero al carbono • Con hierro en polvo • Toda posición • Corriente continua. Electrodo positivo • Revestimiento: Gris 	<ul style="list-style-type: none"> • Aprobado anualmente por el Lloyd's Register of Shipping, American Bureau of Shipping, Bureau Veritas, Germanischer Lloyd y Det Norske Veritas.

Descripción

El electrodo 7018-AR es de bajo contenido de hidrógeno y resistente a la humedad. Está especialmente diseñado para soldaduras que requieren severos controles radiográficos en toda posición. Su arco es suave y la pérdida por salpicadura es baja.

Usos

El 7018-RH es recomendado para trabajos donde se requiere alta calidad radiográfica, particularmente en calderas y cañerías. Por sus buenas propiedades físicas es ideal para ser usado en astilleros.

Aplicaciones típicas

- Aceros Cor-Ten, Mayari-R
- Luken 45 y 50
- Yolo y otros aceros estructurales de baja aleaci-n.

Procedimiento para soldar

Para soldaduras de filetes horizontales y trabajo de soldadura en sentido vertical descendente, se debe usar un arco corto. No se recomienda la técnica de arrastre.

En la soldadura en posición de sobrecabeza debe usarse un arco corto con ligero movimiento oscilatorio en dirección de avance. Debe evitarse la oscilación brusca del electrodo.

Composición química (típica del metal depositado):						
C 0,06%; Mn 1,00%; P 0,012%; S 0,015%; Si 0,48%						
Características típicas del metal depositado:						
Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte (según norma AWS: A5.1-91):				Requerimientos según norma AWS: A5.1-91:		
Resistencia a la tracción :	73.000 lb/pulg ²	(453 MPa)		70.000 lb/pulg ²	(414 MPa)	
Límite de fluencia :	63.300 lb/pulg ²	(384 MPa)		58.000 lb/pulg ²	(331 MPa)	
Alargamiento en 50 mm. :	30%			22%		
Amperajes recomendados:						
Diámetro pulg.	Electrodo mm.	Longitud pulg.	Electrodo mm.	Amperaje		Electrodos x kg. aprox.
				min.	max.	
3/32	2,4	12	300	70	120	65
1/8	3,2	14	350	120	150	32
5/32	4,0	14	350	140	200	19
3/16	4,8	14	350	200	275	14

A.24. Decreto Supremo N° 082-2007-EM "Reglamento de Cogeneración"

El Peruano
Lima, sábado 24 de noviembre de 2007

 **NORMAS LEGALES**

358227

Que, mediante Decreto Supremo N° 102-2007-EF, publicado el 19 de julio de 2007, vigente desde el 2 de agosto de 2007, se aprobó el Reglamento del Sistema Nacional de Inversión Pública;

En uso de las facultades conferidas por el numeral 8 del artículo 118° de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

Artículo 1°.- Modificación de la Segunda Disposición Complementaria del Reglamento de la Ley N° 27293, Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública - SNIP

Modifíquese la Segunda Disposición Complementaria del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública, aprobado mediante Decreto Supremo N° 102-2007-EF, con el texto siguiente:

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS

"Segunda.- Tratamiento de los proyectos con estudios previos

Para el caso del Gobierno Nacional y de los Gobiernos Regionales, todos los Proyectos de Inversión Pública, cuya ejecución se haya iniciado antes del 22 de diciembre de 2000 y cuyo período de ejecución proyectado culmine en el año fiscal 2009 o en adelante, deben cumplir con elaborar el estudio de preinversión correspondiente sobre la inversión no ejecutada para su aprobación y declaración de viabilidad como requisito previo para continuar con la ejecución del proyecto, salvo que haya sido considerado en un convenio internacional de financiamiento, en cuyo caso la declaratoria de viabilidad será exigible si el proyecto es objeto de modificaciones no previstas en el convenio".

Artículo 2°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Economía y Finanzas.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintitrés días del mes de noviembre del año dos mil siete.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

LUIS CARRANZA UGARTE
Ministro de Economía y Finanzas

136781-1

ENERGIA Y MINAS

Modifican el Reglamento de Cogeneración

DECRETO SUPREMO
N° 082-2007-EM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, mediante Decreto Supremo N° 037-2006-EM, publicado el 7 de julio de 2006, se aprobó la sustitución del Reglamento de Cogeneración;

Que, el desarrollo de las actividades de cogeneración permitirá el incremento significativo del consumo de gas natural en las empresas que actualmente lo emplean;

Que, el fomento de cogeneración y de la generación distribuida en general con tecnologías eficientes, es una de las prioridades en la Política Energética del Estado, toda vez que representa beneficios potenciales en el ahorro de energía primaria, en la reducción de pérdidas en la red eléctrica, en la mejora de la eficiencia productiva de los agentes orientados al uso simultáneo de calor y electricidad y en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero;

Que, con el objeto de promover de manera más efectiva el desarrollo de Centrales de Cogeneración, es necesario modificar algunos aspectos referidos a

los requisitos para que tales Centrales adquieran la Calificación correspondiente;

De conformidad con las atribuciones previstas en los numerales 8) y 24) del Artículo 118° de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

Artículo 1°.- Modificación del Reglamento de Cogeneración

Modifíquense las definiciones 3.1 y 3.2 del artículo 3°, el penúltimo párrafo del artículo 4° y los artículos 5°, 6° y 12° del Reglamento de Cogeneración, aprobado mediante Decreto Supremo N° 037-2006-EM, los mismos que quedarán redactados con el siguiente texto:

"Artículo 3°.- Definiciones y Glosario de Términos

Cuando en el presente Reglamento se utilicen los siguientes términos en singular o plural, tendrán el significado que a continuación se indica:

3.1 Autoconsumo de Potencia.- Es la potencia eléctrica destinada al consumo del proceso productivo del cual forma parte integrante el proceso de Cogeneración. Será medido y registrado de manera independiente para efecto de las valorizaciones del COES.

3.1 Autoconsumo de Energía.- Es la energía eléctrica destinada al consumo del proceso productivo del cual forma parte integrante el proceso de Cogeneración. Será medido y registrado de manera independiente para efecto de las valorizaciones del COES.

(...)"

"Artículo 4°.- Solicitud de Calificación de Centrales de Cogeneración

(...)"

La Dirección se pronunciará sobre la solicitud de Calificación de la central de cogeneración dentro del plazo de treinta (30) días hábiles desde la fecha de presentación. Vencido dicho plazo sin pronunciamiento alguno, se entenderá aprobada la solicitud. La Calificación deberá ser otorgada mediante Resolución Directoral de la Dirección General de Electricidad, la que será publicada por cuenta del Cogenerador. La Calificación entrará en vigencia a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

(...)"

"Artículo 5°.- Valores Mínimos de Rendimiento Eléctrico Efectivo (REE)

Para efectos de la Calificación, los titulares de las centrales de cogeneración deberán acreditar valores mínimos de REE, según combustible y/o tecnología. Tratándose de centrales de cogeneración que utilicen como combustible el gas natural, además acreditarán valores de relación entre Energía Eléctrica y Calor Útil (C) iguales o superiores a los indicados en el cuadro siguiente:

Tecnología / Combustible	Rendimiento Eléctrico Efectivo (REE)	C = E/V
Turbina de vapor a contrapresión	0,70	0,15
Turbina de vapor de extracción	0,58	0,30
Turbina de gas de ciclo simple	0,55	0,40
Turbina de gas de ciclo combinado	0,55	0,50
Motores de combustión interna	0,55	0,60
Biomasa (*)	0,30	-

(*) Se entenderá por biomasa la fracción de los productos, subproductos y residuos agrícolas (incluidas sustancias de origen vegetal y de origen animal), forestales, así como residuos industriales y municipales

Para aquellas centrales de cogeneración cuya potencia instalada sea menor o igual a tres (03) MW, el REE mínimo requerido será en un diez por ciento (10%) menor al que se indica en el Cuadro anterior, según corresponda.

El REE se calculará de acuerdo a la siguiente fórmula:

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

Donde:

- E : Energía eléctrica generada medida en bornes de generador, expresada en MW.h.
 Q : Energía suministrada por el combustible utilizado, calculada en MW.h y con base a su poder calorífico inferior.
 V : Calor Útil, expresado en MW.h.

La determinación del REE se efectuará para las condiciones de operación en su máxima capacidad de cogeneración durante dos (2) horas de operación continua."

"Artículo 6°.- Precio de gas natural aplicable al Cogenerador

Tanto el precio de Gas Natural como las tarifas de la Red Principal aplicables a los Cogeneradores para las Centrales de Cogeneración Calificadas, serán los mismos que corresponden para "Generadores Eléctricos" conforme a la Ley N° 27122, Ley de Promoción del Desarrollo de la Industria del Gas Natural, y su Reglamento aprobado por el Decreto Supremo N° 040-99-EM."

"Artículo 12°.- Compensación por Conexión a los Sistemas de Transmisión y Distribución

El peaje de conexión que le corresponda pagar a un Cogenerador se determinará según lo establecido en el Artículo 137° del Reglamento; para este efecto, no se considerará su Autoconsumo de Potencia.

El uso de los Sistemas Secundarios y Complementarios de Transmisión o de los Sistemas de Distribución, será pagado por el Cogenerador considerando únicamente el costo incremental incurrido".

Artículo 2°.- Vigencia y refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Energía y Minas y entrará en vigencia a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintitrés días del mes de noviembre del año dos mil siete.

ALAN GARCÍA PÉREZ
 Presidente Constitucional de la República

JUAN VALDIVIA ROMERO
 Ministro de Energía y Minas

136781-2

Exoneran de proceso de selección la contratación del servicio de soporte técnico de la base de datos Oracle para el Ministerio

**RESOLUCIÓN MINISTERIAL
 N° 526-2007-MEM/DM**

Lima, 21 de noviembre de 2007

VISTOS:

Los Informes Técnicos N° 007-2007-MEM-OGA-INF y N° 005-2007-MEM-OGA/LOG, de fechas 11 de setiembre y 14 de noviembre de 2007 respectivamente, y el Informe Legal N° 280-2007-MEM-OGJ de fecha 16 de noviembre de 2007, que sustentan la exoneración del Ministerio de Energía y Minas del Proceso de Selección para la contratación del servicio de soporte técnico de la Base de Datos Oracle;

CONSIDERANDO:

Que, el Director de Informática señala que en el marco del proceso de automatización y modernización tecnológica, el Ministerio de Energía y Minas ha desarrollado sistemas bajo la Base de Datos Relacional Oracle;

Que, en ese contexto, se requiere contar con un servicio de soporte técnico adecuado, que brinde las

herramientas necesarias para superar los problemas en caso de fallas, las que de no ser detectadas a tiempo, podrían ocasionar la suspensión del servicio informático del Ministerio de Energía y Minas;

Que, asimismo, el Director de Informática asevera además que, mediante el servicio de actualización de las licencias se podrá disponer de versiones mejoradas de los productos Oracle;

Que, de acuerdo al Informe Técnico N° 005-2007-MEM-OGA/LOG, la contratación del servicio de soporte y la actualización de licencias Oracle, sólo es posible obtenerlo de la Empresa Sistemas Oracle del Perú S.A., dado que es el único proveedor autorizado por Oracle Corporation para brindar soporte técnico a los productos Oracle en el Perú;

Que, en atención a lo antes descrito y de acuerdo a lo solicitado por la Oficina General de Administración en el Informe anteriormente citado, se ha considerado necesaria la contratación del servicio de soporte y actualización de licencias Oracle;

Que, dado que sólo es posible obtener aquellos servicios de la Empresa Sistemas Oracle del Perú S.A., único proveedor autorizado por Oracle Corporation para brindar el soporte técnico a los productos Oracle en el Perú, resulta pertinente y necesario proceder a la exoneración del Proceso de Selección respectivo, bajo la modalidad de servicios que no admiten sustitutos;

Que, sobre el particular, el literal e) del artículo 19° del Texto Único Ordenado de la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado, aprobado por Decreto Supremo N° 083-2004-PCM, señala que están exoneradas de los procesos de Licitación Pública, Concurso Público o Adjudicación Directa, según sea el caso, las adquisiciones y contrataciones que se realicen cuando las mismas no admitan sustitutos y exista proveedor único;

Que, en este sentido, el artículo 144 del Reglamento de la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado, aprobado por Decreto Supremo N° 084-2004-PCM, señala que en los casos en que no existan servicios sustitutos a los requeridos por el área usuaria, y siempre que exista un solo proveedor en el mercado nacional, la Entidad podrá contratar directamente; entendiéndose como único proveedor en los casos que por razones técnicas o relacionadas con la protección de patentes y derechos de autor, se haya establecido la exclusividad del proveedor;

Que, Oracle Corporation, en la comunicación de fecha 3 de setiembre de 2007, dirigida al Ministerio de Energía y Minas, ha indicado que Sistemas Oracle Perú S.A. es la única empresa autorizada en el Perú para brindar el servicio de soporte y actualización de licencias Oracle;

Que, en el ejercicio de las facultades de delegación contenidas en el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Energía y Minas, aprobado por Decreto Supremo N° 031-2007-EM; y sus modificatorias; resulta conveniente delegar, en la Oficina General de Administración, la facultad de aprobar el expediente correspondiente al proceso exonerado bajo la modalidad de servicios que no admiten sustitutos, a que se refiere la presente resolución y las bases correspondientes;

Que, de conformidad con el artículo 7° del TUO de la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado, cada Entidad elaborará un Plan Anual de Adquisiciones y Contrataciones, que debe prever los bienes, servicios y obras que se requerirán durante el ejercicio presupuestal y el monto del presupuesto requerido. El Plan Anual de Adquisiciones y Contrataciones será aprobado por el Titular del Pliego o la máxima autoridad administrativa de la Entidad;

Que, el servicio en cuestión se encuentra previsto en el Plan Anual de Adquisiciones y Contrataciones del Ministerio de Energía y Minas para el año fiscal 2007, teniéndose previsto dicho servicio en la actividad N° 64;

En virtud de lo dispuesto por Texto Único Ordenado de la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado, aprobado por Decreto Supremo N° 083-2004-PCM; su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 084-2004-PCM y sus modificatorias; y el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Energía y Minas, aprobado por Decreto Supremo N° 031-2007-EM; y sus modificatorias;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Aprobar la exoneración del Proceso de Selección para la Contratación del Servicio de