



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA.**

**TESIS**

**DISEÑO DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA  
UTILIZANDO CASCARILLA DE ARROZ PARA REDUCIR  
COSTOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN  
LOS MOLINOS DE ARROZ DE LA PROVINCIA DE JAÉN.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Autor:**

**Bach. Alcántara Gómez, Edwin Jhohannes .**

**Asesor:**

**Mg. Vives Garnique, Juan Carlos.**

**Línea de Investigación:**

**Generación de Energía Renovable**

**Pimentel – Perú**

**2020**

DISEÑO DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA UTILIZANDO CASCARILLA DE  
ARROZ PARA REDUCIR COSTOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN  
LOS MOLINOS DE ARROZ DE LA PROVINCIA DE JAÉN.

---

Bach. Alcántara Gómez, Edwin Jhohannes

**AUTOR**

Presentado a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad  
Señor de Sipán para optar el título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista

**APROBADO POR:**

---

Mg. Alvarado Silva, Carlos Alexis

**Presidente(a) del jurado de tesis**

---

Mg. Gastiaturú Morales, Silvia Yvone

**Secretario(a) del jurado de tesis**

---

Mg. Vives Garnique, Juan Carlos

**Vocal del jurado de tesis**

## **DEDICATORIA**

A mi hermosa princesa María Cristina, por ser el motivo de seguir adelante; A mis amados padres Dianas y Manuel por todo su amor y apoyo incondicional; a mi querida hermana Lizbeth.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, agradecer a Dios por guiarme por el camino del bien, a mi familia por todo su amor y estar siempre apoyándome en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi asesor metodológico Mg. Juan Carlos Vives Garnique, que con su capacidad y experiencia me apoyó para el desarrollo de este informe de investigación.

A mi amigo Diego Carrasco por apoyarme en la realización de esta tesis y darme la mano cuando más lo necesitaba.

## **RESUMEN**

En este proyecto de Investigación se va diseñar una central termoeléctrica, utilizando como biomasa la cascarilla de arroz, para reducir costos de consumo de energía eléctrica en los molinos: “Molinos del Norte Nueva Villa”, “Molinería el Agricultor S.A.C”, “Piladora el Sol”, Molinería los Cocos S.A.C”

Para el diseño de esta central termoeléctrica se tiene en cuenta datos de los molinos sobre el consumo de energía, el ingreso de arroz en cáscara mensual. Después se va a seleccionar los equipos adecuados (Caldera, Turbina-Generador, Transformador), para la generación y distribución de la energía eléctrica.

La potencia a generar en los molinos es de 290 kW/día. Para lo cual se seleccionó una caldera pirotubular RL-1.500, cuya producción de vapor es de 1500kg/h y una potencia térmica de 116BHP; Una turbina Turbina-Generador de SST-040 cuya potencia de salida es de 300 kW. Y un transformador de 400 kVA de potencia.

Finalmente se realizó un análisis económico de la central termoeléctrica propuesta cuya inversión inicial es de S/. 579169,76 soles, el tiempo de recuperación de la inversión es de 4,62 años.

### **Palabras claves**

Cascarilla de arroz, Incineración, Caldera, Turbina, Generador, Transformador.

## **ABSTRACT**

In this research project is a thermoelectric plant, using rice husk as biomass, the costs of electricity consumption in the mills: "Molinos del Norte Nueva Villa", "Molineria El Agricultor SAC", "Piladora El Sol" , Molinería Los Cocos SAC ".

For the design of this thermoelectric plant it is going to take into account mill data on energy consumption, the monthly input of rice in husk. Afterwards, the appropriate equipment will be selected (Boiler, Turbine-Generator, Transformer), for the generation and distribution of electrical energy.

The power to generate in the mills is 290 kW / day. For which a fire tube boiler RL-1,500 was selected, whose steam production is 1500kg / h and a thermal power of 116BHP; A turbine-generator of SST-040 whose output power is 300 kW. And a 400 kVA power transformer

Finally, an economic analysis of the proposed thermoelectric power plant whose initial investment is S /. 579,169.76 soles, the recovery time of the investment is 4.62 years.

### **Keywords**

Rice husk, Incineration, Boiler, Turbine, Generator, Transformer.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
Keywords.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Realidad Problemática.....	15
1.2 Trabajos Previos.....	16
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	18
1.3.1 Descomposición de la cascarilla de arroz.....	18
1.3.2 Propiedades bioquímicas de la cascarilla de arroz.....	21
1.3.3 Propiedades físicas de la cascarilla de arroz.....	21
1.3.4. Propiedades químicas de la cascarilla de arroz.....	25
1.3.5. Composición elemental.....	25
1.3.6. Normatividad legal.....	27
1.3.7 Definición de caldera.....	29
1.3.8 Caldera pirotubular.....	30
1.3.9 Hogar con parrilla escalonada movible.....	30
1.3.10 Eficiencia.....	31
1.3.11 Aplicación de las calderas Pirotubulares.....	31
1.3.12 Agua en calderas.....	32
1.3.13 Ablandamiento de las aguas.....	33
1.3.14 Sedimentación.....	33
1.3.15 Diseño de la caldera.....	33

1.3.16 Eficiencia de la caldera.....	39
1.3.17 Turbina de Vapor.....	39
1.3.18 Generador.....	40
1.3.19 Transformador.....	40
1.4 Formulación del Problema.....	40
1.5 Justificación e importancia del estudio.....	40
1.6 Hipótesis.....	41
1.7 Objetivos.....	41
1.7.1 Objetivo general.....	41
1.7.2 Objetivos específicos.....	41
II. MÉTODO.....	43
2.1 Tipo y Diseño de investigación.....	43
2.1.1 Tipo de Investigación.....	43
2.1.2 Diseño de Investigación.....	43
2.2 Variables, Operacionalización.....	44
2.2.1 Variable Independiente.....	44
2.2.2 Variable Dependiente.....	44
2.3 Población y Muestra.....	45
2.3.1 Población.....	45
2.3.2 Muestra.....	45
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	45
2.4.1 Técnicas de recolección de datos.....	45
2.4.2 Instrumento de recolección de datos.....	45
2.6 Criterios Éticos.....	47
2.6.1 Criterio de la publicación.....	47
2.6.2 Criterio de publicación.....	47

2.6.3 Ética de la aplicación.....	47
2.6.4 Código ético de la profesión.....	47
III. RESULTADOS .....	50
3.1. Consumo de energía eléctrica y producción de arroz en cáscara de los diferentes molinos de arroz en la provincia de Jaén. ....	50
3.1.1 Cálculo de la potencia .....	55
3.1.2 Selección de equipos para la generación y distribución de la energía termoeléctrica.....	57
3.1.3 Diseño Térmico de la Caldera .....	69
3.1.4 Parámetros de operación.....	69
3.1.5 DISEÑO MECÁNICO .....	83
3.1.6 Diseño de las partes sometidas a presión.....	84
3.1.7 Calculo de la Eficiencia de La Caldera .....	94
3.1.8 Selección de la turbina.....	98
3.1.9 Selección del transformador .....	101
3.1.10 Ubicación Geográfica del proyecto .....	104
3.1.11 BASES DE CÁLCULO.....	106
3.1.12 DISTANCIA VERTICAL MÍNIMA ENTRE CONDUCTORES DE UN MISMO CIRCUITO A MITAD DE VANO: .....	106
3.1.13 DISTANCIA MÍNIMAS DEL CONDUCTOR A LA SUPERFICIE DEL TERRENO .....	107
3.1.14 DISTANCIAS MÍNIMAS A EDIFICACIONES Y OTRAS CONSTRUCCIONES.....	108
3.1.15 CÁLCULO ELECTRICO .....	108
3.1.16 Cálculo mecánico del conductor .....	123
3.1.17 Cálculo mecánico de estructuras de concreto.....	135
3.1.18 Cálculo de retenidas.....	142

3.1.19 Cálculo del bloque de anclaje.....	145
3.1.20 Análisis económico del proyecto.....	149
3.1.21 Flujo de caja.....	150
3.2 Discusión de Resultados.....	157
4. CONCLUSIONES.....	160
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	161
ANEXOS.....	163

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores de la temperatura en el proceso de combustión .....	19
Tabla 2: Porcentaje de humedad de la cascarilla de arroz.....	19
Tabla 3: Tiempo de combustión completa de la cascarilla de arroz.....	20
Tabla 4:Valores del PH de la solución de NaOH en el proceso.....	20
Tabla 5: Principales propiedades bioquímicas .....	21
Tabla 6: Poder calorífico inferior de la cascarilla de.....	22
Tabla 7: Contenido de volátiles en la cascarilla de .....	23
Tabla 8: Contenido de cenizas en la cascarilla de .....	23
Tabla 9: Densidad Aparente .....	24
Tabla 10: Las máximas concentraciones de .....	26
Tabla 11: Composición de la cascarilla de arroz.....	27
Tabla 12: Cantidad de aire requerido para .....	34
Tabla 13: Composición porcentual de la cascarilla de arroz.....	35
Tabla 14: Composición porcentual de la cascarilla de arroz.....	35
Tabla 15: Operacionalización de Variable Dependiente .....	44
Tabla 16: Operacionalización de Variable independiente.....	44
Tabla 17: Resumen de información Anual de los molinos de arroz.....	55
Tabla 18: Resumen de la energía en los molinos. ....	55
Tabla 19: Selección del tipo de caldera .....	57
Tabla 20: Criterios de ponderación .....	57
Tabla 21: Selección del tipo de la caldera .....	58
Tabla 22: Selección del material para la cámara de humo .....	58
Tabla 23: Selección del material para la puerta de la cámara de humo .....	59
Tabla 24: Selección del material para la chimenea .....	59
Tabla 25: Selección del material para el cenicero .....	60

Tabla 26: Selección del material para los conductos de humo.....	60
Tabla 27: Selección del material para la cámara de vapor .....	61
Tabla 28: Selección del material para la puerta del cenicero .....	61
Tabla 29: Selección del material para el altar .....	62
Tabla 30: Selección para el revestimiento puerta del hogar .....	62
Tabla 31: Selección del material para de la puerta del hogar.....	63
Tabla 32: Selección del material para la mampostería.....	63
Tabla 33: Selección del tipo de parrilla.....	64
Tabla 34: Cantidad de aire requerido para quemar el combustible .....	70
Tabla 35: Composición porcentual de la cascarilla de arroz.....	70
Tabla 36: Composición porcentual de la cascarilla de arroz.....	73
Tabla 37: Resumen del diseño térmico .....	82
Tabla 38: Tabla de calor específico de los gases de combustión .....	92
Tabla 39: Características de la turbina a utilizar en este proyecto .....	98
Tabla 40: Características del transformador.....	102
Tabla 41: Coordenadas del proyecto .....	105
Tabla 42: Resistencia eléctrica y Reactancia Inductiva del conductor.....	112
Tabla 43: Caída de tensión y Pérdida por efecto joule .....	113
Tabla 44: Fusibles de protección para transformadores.....	114
Tabla 45 Cálculo de coordinación de protección .....	115
Tabla 46: Niveles de aislamiento que se aplicarán.....	115
Tabla 47: Resumen Selección Nivel de aislamiento de red primaria.....	118
Tabla 48:Datos generales .....	120
Tabla 49: Cálculo y selección de pararrayos .....	120
Tabla 50: Cálculo de puestas a tierra.....	122
Tabla 51: Características mecánicas de los conductores.....	123

Tabla 52: Resultados de Hipótesis I .....	130
Tabla 53: Resultados Hipótesis II.....	131
Tabla 54: Resultados Hipótesis III .....	132
Tabla 55: Resultados del Hipótesis IV .....	133
Tabla 56: Resumen del cálculo mecánico del conductor .....	134
Tabla 57: Cálculo mecánico de estructuras y retenidas.....	143
Tabla 58: Resumen cálculo Mecánico de estructuras y retenidas .....	144
Tabla 59: Cálculo compresión del poste .....	145
Tabla 60: Flujo de caja .....	150
Tabla 61: Tabla de ahorro en el Molino Los Cocos .....	153
Tabla 62: Tabla de ahorro en el Molino el Agricultor.....	153
Tabla 63: Tabla de ahorro en el Molino Nueva Villa.....	154
Tabla 64: Tabla de ahorro en el Molino el Sol.....	155
Tabla 65: Resumen de ahorro con Ejecución del proyecto .....	155
Tabla 66: Tabla de resumen del análisis económico del proyecto .....	156

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Hogar con Parrilla escalonada móvil .....	31
Figura 2: Tubos de Acero sin Costura ASTM A-192 para Calderas.....	75
Figura 3: Dimensiones y presiones de trabajo.....	77
Figura 4: Propiedades de la placa SA-285C tomadas .....	83
Figura 5: propiedades de la placa ASTM - A36-C.....	84
Figura 6: Vista frontal de la caldera pirotubular .....	88
Figura 7: Vista lateral de la caldera pirotubular .....	88
Figura 8: Turbina SST-040.....	99
Figura 9: Turbina SST-040 Acoplada al Generador.....	99
Figura 10: Dimensiones y peso del transformador.....	102
Figura 11: Diagrama del Sistema de Generación de Electricidad a Implementar.....	103
Figura 12: Vista frontal de la provincia de Jaén.....	104
Figura 13: Delimitación del proyecto.....	105

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Caudal de gases .....	34
Ecuación 2: Suposición del Coeficiente de Transferencia de Calor UD.....	35
Ecuación 3: Diferencia verdadera de Temperatura $\Delta T$ .....	35
Ecuación 4: Cálculo de la superficie del Calentamiento .....	36
Ecuación 5: Número de Tubos .....	36
Ecuación 6: Cálculo espesor del casco.....	37
Ecuación 7:Espesor de los espejos .....	37
Ecuación 8: Chimenea.....	37
.Ecuación 9: Volumen total de los gases de combustión.....	38
Ecuación 10: Volumen de los gases Biatómicos.....	38
Ecuación 11: Volumen de los gases Triatómicos.....	38
Ecuación 12: Volumen de oxígeno en los gases de combustión .....	38
Ecuación 13: Volumen de dióxido de carbono en los gases de combustión .....	39
Ecuación 14: Volumen de dióxido de azúfre en los gases de combustión.....	39
Ecuación 15: Eficiencia de la caldera.....	39
Ecuación 16: Factor carga hora punta .....	54
Ecuación 17: Factor carga fuera punta .....	54
Ecuación 18: Potencia hora punta .....	55
Ecuación 19: Potencia fuera punta .....	56
Ecuación 20: Cálculo de la potencia de la caldera .....	69
Ecuación 21: Cálculo eficiencia de la caldera.....	69
Ecuación 22: Caudal de combustible .....	70
Ecuación 23: Gases ideales .....	71
Ecuación 24: Caudal de gases de combustión.....	73
Ecuación 25: Energía de los gases de combustión .....	73

Ecuación 26: Temperatura de los gases de salida .....	73
Ecuación 27: Área de transferencia de calor .....	78
Ecuación 28: Coeficiente total de transferencia de calor .....	78
Ecuación 29: Coeficiente total de transferencia de calor calculado $U_c$ .....	79
Ecuación 30: Área de flujo .....	79
Ecuación 31: Área de flujo final.....	79
Ecuación 32: Número de Reynolds .....	79
Ecuación 33: Número de Prandtl.....	80
Ecuación 34: Número de Nusselt .....	80
Ecuación 35: Coeficiente de transferencia de calor interior ( $h_i$ ).....	80
Ecuación 36: Coeficiente de transferencia de calor interior referido a la superficie exterior del tubo /hio.....	80
Ecuación 37: Coeficiente total de transferencia de calor calculado $U_c$ .....	81
Ecuación 38: Calor sensible a ser añadido .....	81
Ecuación 39: Calor total requerido.....	82
Ecuación 40: Cálculo del espesor del hogar.....	84
Ecuación 41: Dimensionamiento de la caldera .....	87
Ecuación 42: Volumen total de los gases de Combustión.....	89
Ecuación 43: Peso molecular de los gases de combustión.....	90
Ecuación 44: El calor específico de los gases de combustión.....	92
Ecuación 45: Calor específico de los gases de combustión .....	94
Ecuación 46: Calor específico Molar de los gases de combustión.....	94
Ecuación 47: Cálculo de pérdida por los gases de combustión.....	94
Ecuación 48: Cálculo por combustión mecánicamente incompleta.....	95
Ecuación 49: Pérdidas por radiación y conducción.....	96
Ecuación 50: Coeficiente de transferencia de calor por radiación y conducción.....	96
Ecuación 51: Pérdida por cenizas.....	97

Ecuación 52: Eficiencia de la caldera.....	100
Ecuación 53: Flujo total de vapor de agua que debe circular por la turbina .....	100
Ecuación 54: Resistencia Inductiva .....	110
Ecuación 55: Cálculo de caída de Tensión.....	110
Ecuación 56: Pérdidas de potencia por efecto Joule .....	111
Ecuación 57: Pérdidas anuales de energía activa .....	116
Ecuación 58: Factor de corrección por temperatura de servicio .....	116
Ecuación 59: Tensión de cálculo.....	117
Ecuación 60: Nivel básico de aislamiento.....	117
Ecuación 61: Tensión crítica disruptiva bajo la lluvia.....	117
Ecuación 62: Tensión de perforación .....	117
Ecuación 63: Tensión crítica disruptiva en seco.....	117
Ecuación 64: Tensión de arco.....	117
Ecuación 65: Longitud de línea de fuga para un aislador .....	117
Ecuación 66: Cálculo del TOV.....	119
Ecuación 67: Ecuación cambio de estado .....	125
Ecuación 68: Longitud del poste .....	135
Ecuación 69: Fuerza del viento sobre el poste .....	136
Ecuación 70: Área del poste expuesto al viento.....	136
Ecuación 71: Diámetro del poste en el punto de empotramiento .....	137
Ecuación 72: Altura de empotramiento.....	137
Ecuación 73: Fuerza total sobre los conductores .....	138
Ecuación 74: Tracción del conductor.....	138
Ecuación 75: Fuerza del viento sobre los conductores.....	138
Ecuación 76: Fuerza en la punta del poste de concreto.....	139
Ecuación 77: Cálculo de retenidas .....	142

Ecuación 78: Cálculo del VAN .....	150
Ecuación 79: Cálculo del TIR .....	151
Ecuación 80: Relación B/C .....	151
Ecuación 81: Cálculo del LCOE .....	152

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Importe en (S/.) del consumo de energía Eléctrica .....	50
Gráfico 2: Consumo de energía mensual en kW.h .....	51
Gráfico 3: Producción del pilado de arroz en los molinos de Jaén, del 2018.....	52
Gráfico 4: Potencia Hora Punta en los molinos de arroz de Jaén, del 2018.....	52
Gráfico 5: Potencia Fuera Hora Punta en los molinos de arroz .....	53
Gráfico 6: Cálculo del factor de carga H.P y F.H.P, .....	54

**CAPITULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Realidad Problemática**

#### **A nivel Internacional.**

(Sánchez, 2017). Es importante el desarrollo económico de las industrias en el país, por eso se encuentra ligado a la producción y generación de energía eléctrica, ya sea por medio de paneles solares, hidroeléctricas, generación de energía con biomasa. La continua reducción de las reservas de combustibles fósiles, así como el aumento de la demanda de los mismos, provoca un continuo incremento en el precio de los combustibles que repercute de manera directa en el coste de generación de energía. Además, no se trata de fuentes de energía limpia pues emite grandes cantidades de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. (Sánchez, 2017)

Se consideró emplear biomasa (cascarilla de arroz), para ser analizada energéticamente, y así poder aprovechar al máximo su potencial para generar energía termoeléctrica. (Sánchez, 2017).

Uno de los recursos que es sumamente importante en Ecuador es la biomasa, en estudios ya realizados se comprobó que el peso de la cascarilla de arroz es de aproximadamente el 22%, cuyo porcentaje aumenta o disminuye de acuerdo al secado que se le da a la biomasa (cascarilla). Muchas veces la cascarilla de arroz que producen las empresas industriales dedicadas al pilado de arroz son desechadas, vendidas a la industria ladrillera; desconociendo totalmente el gran potencial energético que este residuo (cascarilla de arroz) puede ser muy factible para bastecer su propia demanda y así ahorrar dinero de manera mensual. (Tipanluisa, 2012)

#### **A nivel Nacional**

Estudios realizados en el caserío Miraflores – Monsefú, perteneciente a la provincia de Chiclayo Región de Lambayeque, se comprobó que los pobladores viven una aguda crisis social, de los cuales uno de los resultados obtenidos es que carecen del servicio energético, para satisfacer sus necesidades de uso de equipos electrodomésticos, utilizan pequeños paneles solares. Mayormente estos residuos generados por la producción de arroz son quemados al aire libre contaminando el medio ambiente y también de manera indirecta están contrayendo enfermedades como el asma, cáncer al pulmón, etc. (Quintana & Salazar, 2017)

Estudios realizados en el Perú del año 2013, arrojó que la producción de arroz fue de 3.935.194 toneladas, la zona de mayor producción fue San Martín (563.990 ton, 85.095 ha, 6.764 kg/ha). En diferentes zonas de la región San Martín se cultivan áreas de arroz bajo riego tecnificado, lo que da origen a industrias molineras. Uno de los principales residuos en la industria molinera es la obtención de la cascarilla de arroz el cual mayormente son quemadas al aire libre, contaminando y generando enfermedades respiratorias en la población. (Velásquez, 2014)

#### **A nivel Local:**

Actualmente la provincia de Jaén – Perú, las empresas industriales como las molineras de arroz: “Molinos del Norte Nueva Villa”, “Molinería el Agricultor S.A.C”, “Piladora el Sol”, Molinería los Cocos S.A.C”, producen 7,39 Ton/día y mensualmente pagan grandes cantidades de dinero por consumo de energía eléctrica superando algunos molinos los S/. 20 000 nuevos soles. Los molinos de arroz mencionados de esta provincia mayormente desechan la cascarilla de arroz, sin darse cuenta el potencial energético que esta pueda tener, por lo que esta investigación se va centrar en diseñar una central térmica utilizando como biomasa la cascarilla de arroz, para reducir el costo de consumo de energía eléctrica en los molinos.

### **1.2 Trabajos Previos.**

#### **A nivel Internacional**

(Sánchez, 2017)

Se diseñó una planta de gasificación con cogeneración para aprovechar el potencial energético de la cascarilla de arroz en un proceso industrial. Se comprobó y demostró la viabilidad de este sistema de cogeneración usando biomasa gasificada como combustible. Primeramente el sistema se instaló en una planta de producción de arroz, cuyo proceso genera como residuo la cascarilla de arroz y demanda energía tanto térmica como eléctrica. La obtención de la energía mecánica se realizó mediante un motor de combustión interna alternativo, especialmente preparado para funcionar con gas de síntesis. (Sánchez, 2017)

(Criollo & Pinzón, 2018), Evaluaron el potencial técnico - económico de plantas modulares y calderas a biomasa para generar energía eléctrica mediante la aplicación de un Ciclo Rankine Orgánico (ORC) usando como fuente la cascarilla de arroz, que

se obtiene durante del proceso de pilado de arroz de las piladoras ubicadas en las provincias de Guayas, Los Ríos y Manabí. Seguidamente se determinó el valor del costo nivelado de la energía (LCOE) del proyecto cuyo valor es de 0,38 [USD/kWh] el cual difiere de manera significativa con respecto a la tarifa preferencial de 0,096 [USD/kWh] presentado en la única resolución disponible para proyectos de energía renovable (CONELEC 001/13) vigente hasta 2016.

La empresa Aqualimpia Engineering e.K, en su revista (PLANTAS DE BIOGÁS - BIODIGESTORES INDUSTRIALES., 2018), diseñan Biodigestores y Reactores para aprovechar de manera energética la cascarilla de arroz, para las empresas industriales que necesitan simultáneamente vapor de proceso y energía eléctrica. La cogeneración es fácil de producir y es más barato generar energía eléctrica a partir de la biomasa que se genera en el proceso normal de una planta de arroz, el peso de la cascarilla es de aproximadamente el 20% del grano de arroz en cáscara.

(Psetizki, 2009), en su artículo Energía eléctrica con cáscara de arroz, se mencionó que la cáscara de arroz es un residuo de la industrialización del cereal que hasta el momento no es aprovechado en Uruguay, Esta biomasa (cascarilla de arroz), va ser incinerada para obtener energía. Así se pretende aumentar la generación de electricidad .

### **A nivel Nacional**

(Gonzales & Rivera, 2013), Realizaron una Mejora De Los Parámetros Energéticos e Impacto Ambiental De La Caldera De Vapor En Postes Del Norte S.A. Mediante El Cambio De Carbón Antracita Por Cáscara De Arroz Como Combustible; se investigó acerca del nuevo combustible “Cáscara de Arroz” que tienen un fin de mejorar los parámetros energéticos de la caldera y minimizar el impacto ambiental que se genera. También se obtuvo, la importancia de otras fuentes de energía que no solo mejorarán los parámetros energéticos y menor grado de impacto ambiental, sino que es muy importante la reducción de costos del nuevo combustible para hacer aprovechado por muchas empresas industriales dedicadas al rubro.

(Leyva, 2015); Diseñó un Sistema de Generación utilizando la cascarilla de arroz. Que mediante la generación de energía eléctrica por medio de una caldera que aprovecha

la cascarilla de arroz residual del proceso de separación del grano y la cascarilla de arroz que se efectúa en las diferentes molineras de la Región de Lambayeque; la energía eléctrica producida se utilizará para satisfacer la demanda de energía que cada molino consume. Se tomaron en cuenta datos sobre el consumo de energía, el ingreso de arroz en cáscara de los molinos cuya capacidad de producción está entre 7 Ton/día y 27 Ton/día, también se realizó un estudio de la cascarilla de arroz para obtener las condiciones necesarias para que sean incineradas de la manera más óptima. Se tomará en cuenta la cantidad de energía que se tendrá como objetivo generar, para realizar el diseño de la caldera, según su tipo y el diseño de cada uno de los elementos a tomarse en cuenta para el diseño de la caldera elegida. Al finalizar se seleccionó una turbina y un generador adecuado a la caldera para generar la electricidad y dar energía al molino.

(Velásquez, 2014); Realizó una Evaluación para aprovechar al máximo el potencial energético de la cascarilla de arroz en el Huallaga Central del departamento de San Martín. Al finalizar la investigación se obtuvo que en el Huallaga Central produjo en el año 2013 un promedio de 17.43 toneladas, obteniendo un potencial energético de la biomasa de aproximadamente 58.43 MWh.

(Quintana & Salazar, 2017); Realizaron el estudio de diseño de una Mini central Térmica de 5kw, aprovechando como biomasa la cascarilla de arroz para el Caserío Miraflores – Monsefú del Departamento de Lambayeque, para generar energía eléctrica. Se realizó un estudio químico para tener un mejor panorama sobre las propiedades físico-químicas de la cascarilla de arroz y así aprovechar de la mejor manera su potencial energético.

### **A nivel local**

Actualmente en la provincia de Jaén no se encuentra registros de estudios relacionados al tema.

## **1.3 Teorías relacionadas al tema**

### **1.3.1 Descomposición de la cascarilla de arroz**

(Prada & Cortés, 2010). En la primera etapa del trabajo sobre la descomposición de la cascarilla de arroz, consiste en la eliminación del agua que se encuentra tanto en la superficie como en los pocos o intersticios internos de la cascarilla, la misma que

se absorbe del ambiente y no constituye aquella que se forma durante la combustión. (Prada & Cortés, 2010)

En la segunda Etapa es la pirolisis, que se considera como una descomposición química interna de la cascarilla de arroz inducida térmicamente, cuando alcanza temperaturas entre 260 y 490°C. (Prada & Cortés, 2010)

**Tabla 1: Valores de la temperatura en el proceso de combustión de la cascarilla de arroz**

Ensayo	Temperatura °C
1	763
2	762
3	804
4	813
5	758
Promedio	784
Desviación estándar	24
Error estándar	28
Coefficiente de Variación (%)	31
Media verdadera de la temperatura	$784 \pm 28$

**Fuente:** (Prada & Cortés, 2010).

**Tabla 2: Porcentaje de humedad de la cascarilla de arroz utilizada en el proyecto de combustión**

ENSAYO	HUMEDAD (%)
1	8,42
2	8,1
3	7,72
4	6,95
5	8,51
Promedio	7,94
Desviación estándar	0,63
Error estándar	0,73
Coefficiente de Variación (%)	7,99

**Fuente:** (Prada & Cortés, 2010)

**Tabla 3: Tiempo de combustión completa de la cascarilla de arroz**

ENSAYO	TIEMPO(MIN)
1	74
2	127
3	120
4	96
5	281
Promedio	140
Desviación Estándar	82
Error Estándar	94
Coefficiente de Variación (%)	58
Media verdadera del tiempo de combustión, min	140 ± 94

**Fuente:** (Prada & Cortés, 2010).

**Tabla 4: Valores del PH de la solución de NaOH de la cascarilla de arroz**

ENSAYO	VALOR INICIAL DEL PH	VALOR FINAL DEL PH
1	74	8.000
2	127	8.20
3	120	8.20
4	96	8.20
5	281	8.90
Promedio	140	8.30
Desviación Estándar	82	0.35
Error Estándar	94	0.40
Coefficiente de variación (%)	58	4.17
Media Verdadera del tiempo de combustión, min	140 ± 94	8.30 ± 0.40

**Fuente:** (Prada & Cortés, 2010)

### 1.3.1.1. Componentes presentes en la combustión y emisiones

La cascarilla de arroz contiene básicamente (C, H, N, Z, Ceniza y H<sub>2</sub>O). Al quemar la cascarilla de arroz se obtiene dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y combinado el hidrogeno con oxígeno para formar vapor de agua. Al realizarse una combustión completa el carbón se convierte en CO<sub>2</sub>. (Prada & Cortés, 2010)

Cuando la combustión es incompleta, se emite gases tóxicos al medio ambiente como el CO, N<sub>2</sub>O, los cuales son perjudiciales para la salud del ser humano. (Prada & Cortés, 2010)

### 1.3.2 Propiedades bioquímicas de la cascarilla de arroz.

Uno de los elementos que se encuentra en mayor cantidad en la cascarilla de arroz es la celulosa siendo el principal componente de las fibras como se observa en la siguiente tabla donde se muestra los valores porcentuales de la celulosa, hemicelulosa y lignina en Colombia y en varias zonas de Canadá. (Quintana & Salazar, 2017)

**Tabla 5: Principales propiedades bioquímicas de la cascarilla de arroz en varios lugares del mundo**

Valores en porcentaje (%)					
Parámetros	Canadá				Colombia
	Zona1	Zona2	Zona3	Zona4	Zona1
<b>Celulosa</b>	29,20	33,47	25,89	33,50	39,05
<b>Hemicelulosa</b>	20,10	21,03	18,10	21,35	27,06
<b>Lignina</b>	20,00	18,80	24,60	18,20	22,80

Fuente: (Quintana & Salazar, 2017)

### 1.3.3 Propiedades físicas de la cascarilla de arroz

Nos referimos a propiedades físicas al poder calorífico, contenido de humedad, materia volátil, contenido de cenizas y densidad de la cascarilla de arroz para obtener valores cuantificados se usa el análisis inmediato que consiste en usar un horno, donde se va elevando la temperatura y se va observando la pérdida de peso del material. A continuación, se detalla cada propiedad. (Quintana & Salazar, 2017)

#### 1.3.3.1. El poder calorífico

El poder calorífico de los combustibles sólidos es la cantidad de energía que la unidad de masa libera al producirse una reacción química. Para determinar el valor del poder calorífico se usa una bomba calorimétrica adiabática, a volumen constante, y los valores obtenidos corresponden al poder calorífico superior (HHV o PCS) o también conocido como poder calorífico bruto, que

es el calor de condensación del agua formada en el proceso de combustión del combustible. Pero en la práctica, el agua se escapa a la atmósfera en forma de gas y el calor de vaporización del agua no se recupera y en este caso sería el poder calorífico inferior (HLV o PCI) o también conocido como poder calorífico neto. (Quintana & Salazar, 2017)

### 1.3.3.2. Contenido de humedad

Nos referimos al contenido de humedad de la biomasa a la cantidad de agua en el material, expresado como porcentaje del peso del material. En la mayoría de combustibles viene dado por su origen y también al tratamiento que se le da previamente a ser gasificado. Debido a que el contenido de humedad influye en el poder calorífico del combustible se debe mencionar las biomásas tienen un rango de contenido de humedad, que van desde menos del 10 por ciento de los cereales de paja hasta el 50 al 70 por ciento para los residuos forestales. (Quintana & Salazar, 2017)

Para un proceso de gasificación se recomienda usar combustibles con un bajo contenido de humedad, así las pérdidas de calor por evaporación serán mucho menor. (Quintana & Salazar, 2017)

Se recomienda un 15% de contenido de humedad en peso para tener una mejor operación del gasificador sin problemas. (Quintana & Salazar, 2017)

**Tabla 6: Poder calorífico inferior de la cascarilla de arroz en función del contenido de humedad.**

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>PODER CALORIFICO INFERIOR(PC) KJ/KG</b>
0	19 880
10	17 644
20	15 412
30	13 180
40	10 497
50	8 715
60	6 413

**Fuente:** (Quintana & Salazar, 2017)

### 1.3.3.3 Materia volátil

El contenido de materia volátil en la biomasa, se libera cuando el material se calienta (400°C a 500 ° C). Durante este proceso de calentamiento de la biomasa se descompone en gases (metano, acetileno, otros) vapores de agua, sólidos volátiles (cenizas) e hidrocarburos. Entonces el combustible con alto contenido de material volátil tiene el problema en la formación de breas y condensados corrosivos que obstruyen el paso del aire y gas generado. (Quintana & Salazar, 2017).

**Tabla 7: Contenido de materia volátil en la cascarilla de arroz en diferentes lugares del mundo.**

	Colombia			California		China	Colombia
	Zona1	Zona2	Zona3	Zona4	Zona5	Zona6	Zona7
<b>Material volátil</b>	66.40%	67,30%	63,00%	67,70%	63,52%	51,98%	65,47%

Fuente: (Quintana & Salazar, 2017)

### 1.3.3.4. Contenido de cenizas

El que se produzca o no escoria, depende del contenido de cenizas, del punto de fusión de las cenizas. Para no observar escorias se recomienda el uso de combustibles con 5 % o 6 % de contenido de cenizas, y entre 6 y 12% el resultado de la formación de escoria depende de la temperatura de fusión, y a partir de los 12% hay una importante formación de escorias. (Quintana & Salazar, 2017).

**Tabla 8: Contenido de cenizas en la cascarilla de arroz en diferentes lugares del mundo.**

	Canadá				California	China	Colombia
	Zona1	Zona2	Zona3	Zona4	Zona5	Zona6	Zona7
<b>Ceniza</b>	20,00	18,80	24,60	18,20	18,67	16,92	16,92

Fuente: (Quintana & Salazar, 2017)

### 1.3.3.5. Densidad aparente

En general la densidad de energía está entre la mitad y la décima parte del carbón. Entonces, los combustibles de alta densidad aparente tienen ventajas porque poseen un alto valor de energía por volumen. (Quintana & Salazar, 2017)

La densidad aparente tiene una variación extrema en la biomasa, desde 150 a 200 kg/m<sup>3</sup> de paja y virutas de grano de cereal a máximos de 600 a 900 kg/m<sup>3</sup> para la madera sólida. (Quintana & Salazar, 2017)

La densidad aparente tiene un impacto fuerte en la calidad del gas generado puesto que de él depende el tiempo de residencia del combustible en la zona de combustión, la velocidad de quemado del combustible, la densidad del lecho combustible y el flujo o caudal del gas. (Quintana & Salazar, 2017)

La densidad de la cascarilla de arroz es aproximadamente 100 kg/m<sup>3</sup>, siendo un valor muy cercano a los 110 kg/m<sup>3</sup> que tiene la cascarilla de arroz en el Perú. (Quintana & Salazar, 2017).

En la siguiente tabla se presenta los valores del análisis inmediato que se realizó a la cascarilla de arroz en el Perú.

**Tabla 9: Densidad Aparente**

<b>Parámetros</b>	<b>Valores</b>
Humedad	10.44%
Materia Volátil	57.77%
Contenido de Ceniza	17.51%
Carbono fijo	14.27%
Total	100%
Poder Calórico	12 924,38KJ/KG

**Fuente:** (Quintana & Salazar, 2017)

#### **1.3.4. Propiedades químicas de la cascarilla de arroz**

Nos referimos a propiedades químicas a la composición química del (carbono, nitrógeno, oxígeno, cloro, azufre, hidrógeno), para obtener las propiedades químicas del combustible se tiene que hacer un análisis elemental. (Quintana & Salazar, 2017).

La técnica está basada en la completa e instantánea oxidación de la muestra mediante una combustión con oxígeno puro a una temperatura aproximada de 1000°C, donde se obtiene los diferentes productos de combustión CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y N<sub>2</sub>, donde son transportados a un tubo de reducción y después selectivamente separados en columnas específicas para ser luego adsorbidos térmicamente. (Quintana & Salazar, 2017).

Finalmente, los gases pasan de forma separada por un detector de conductividad térmica que proporciona una señal proporcional a la concentración de cada uno de los componentes individuales de la mezcla. (Quintana & Salazar, 2017).

#### **1.3.5. Composición elemental**

(Yi Huaraz, 2013). La composición elemental de las biomásas es relativamente uniforme en su contenido (porcentaje en masa) de carbono (C), hidrógeno (H), azufre(S), oxígeno(O), nitrógeno(N), y cenizas. Estos valores ayudan para el Análisis de los procesos de combustión, entre ellos: cálculos de la de los volúmenes de aire, gases y entalpía. (Quintana & Salazar, 2017)

##### **- Carbono (C) , hidrógeno (H) y oxígeno (O)**

El contenido de H y C, mayormente se oxidan durante la combustión por una reacción exotérmica (formación de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O). Estos mismos componentes contribuyen positivamente al poder calorífico superior (bruto), pero el contenido de O contribuye negativamente. El H influye en el poder calorífico inferior (neto) debido a la formación de agua. Para tratar de minimizar emisiones se recomienda siempre un proceso de combustión optimizado ofreciendo una buena mezcla entre el combustible y al aire, un tiempo de retención suficiente (>1.5 segundos), altas temperaturas (> 850 °C) y una relación estequiometría baja. (Quintana & Salazar, 2017)

### - Nitrógeno (N)

Los óxidos de nitrógeno (NO y NO<sub>2</sub> denominados NOX) también contribuyen a la formación de lluvias ácidas. Se puede producir de dos maneras el NOX los cuales se producen durante la combustión. El contenido de nitrógeno depende del tipo de biomasa que se va usar como por ejemplo la madera, cascarillas mazorcas y tallos tienen un bajo contenido de nitrógeno, sin embargo, las hojas y semillas tienen un alto contenido de nitrógeno. Pero dependiendo de la temperatura de gasificación, esto es significativamente menor en los gasificadores, que las emisiones de NOX producido por los sistemas de combustión. (Quintana & Salazar, 2017).

### - Azufre (Z) y Cloro (Cl)

El azufre y cloro pueden estar presentes en pequeñas cantidades, y pueden contribuir a la formación de lluvias ácidas cuando estos se convierten en SO<sub>2</sub> (Dióxido de sulfuro o óxido de sulfuro) y HCL (ácido clorhídrico) durante la combustión. A continuación se muestra las máximas concentraciones de nitrógeno, azufre y cloro, y los resultados del análisis aproximado de la cascarilla de arroz en diferentes zonas del mundo. (Quintana & Salazar, 2017)

**Tabla 10: Las máximas concentraciones de cloro, azufre, nitrógeno y sus consecuencias.**

Elemento	concentración (%)	Consecuencias
Nitrógeno	<0.6	Emisión de NO <sub>2</sub>
Cloro	<0.1	Corrosión
	<0.1	Emisión de HCL
	<0.1	Corrosión
Azufre	<0.2	Emisión de So <sub>x</sub>

**Fuente:** (Quintana & Salazar, 2017)

**Tabla 11: Composición de la cascarilla de arroz  
en diferentes lugares del mundo**

Valores en porcentaje (%)						
Parámetros	Canadá				California	China
	Zona1	Zona2	Zona3	Zona4	Zona5	Zona6
<b>C</b>	37,6	42,10	38,70	42,60	38,83	37,60
<b>H</b>	5,42	4,98	4,70	5,10	4,75	5,78
<b>O</b>	36,56	33,66	31,37	33,44	35,47	37,62
<b>N</b>	0,38	0,40	0,50	0,51	0,52	1,8
<b>S</b>	0,03	0,02	0,01	0,02	0,05	0,09
<b>CL</b>	0,01	0,04	0,12	0,13	0,12	0,00
<b>Cenizas</b>	20,00	18,80	24,60	18,20	18,67	16,92
<b>(Total)</b>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

**Fuente:** (Quintana & Salazar, 2017)

### 1.3.6. Normatividad legal

#### A nivel Internacional:

Protocolo de Kyoto.

El Protocolo de Kyoto de 1997 sobre el cambio climático es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de gases que causan el calentamiento global.

Contenido del Protocolo:

1. El Protocolo de Kyoto se aplica a las emisiones de 6 gases de efecto invernadero
  - Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>),
  - Gas metano (CH<sub>4</sub>)
  - Oxido nitroso (N<sub>2</sub>O)
  - Hidrofluorocarbonos (HFC)
  - Perfluorocarbonos (PFC)
  - Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)
2. Los Estados Partes en el Acuerdo de la Convención marco se comprometen a reducir sus emisiones de gas de efecto invernadero en, al menos, un 5 % con respecto al nivel de 1990 durante el período 2008-2012.

3. Los Estados miembros de la Unión deberán reducir conjuntamente sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 8 % entre los años 2008 y 2012.

4. Para el período anterior a 2008, las Partes se comprometen a realizar progresos en el cumplimiento de sus compromisos, a más tardar, en el año 2005, y a facilitar las pruebas correspondientes.

5. Para alcanzar estos objetivos, el Protocolo propone una serie de medios:

- Reforzar o establecer políticas nacionales de reducción de las emisiones (aumento de la eficacia energética, fomento de formas de agricultura sostenibles, desarrollo de fuentes de energías renovables)
- Cooperar con las otras Partes contratantes (intercambio de experiencias o información, coordinación de las políticas nacionales con vistas a una mayor eficacia por medio de mecanismos de cooperación, como el permiso de emisión, aplicación conjunta y mecanismo de desarrollo limpio).

### **A nivel Nacional**

El Gobierno del Perú dio en el año 2008 la Ley N° 1002, Ley de Promoción, Inversión y Generación de Electricidad con el Uso de Energías Renovables considerándose como energías renovables a la eólica, solar, geotérmica, biomasa, mareomotriz e hidráulica (cuando la capacidad no sobrepase los 20 MW); con fines de diversificar la matriz energética y en cuyo marco se han dado hasta la fecha dos subastas públicas de compra de energía. (Quintana & Salazar, 2017)

La Ley 1002 y su reglamento (D.S. N° 050-2008-EM que fuera derogado por el nuevo Reglamento D.S. N° 012-2011-EM) establecen las condiciones para el otorgamiento de las concesiones para el desarrollo de generación con recursos energéticos renovables (RER). Entre los alcances de este marco regulatorio se establece que el nivel de penetración de las RER se incrementará en 5% del consumo de electricidad (en cada año del primer quinquenio), siendo el consumo al 2010 de 30,000 Gwh/h. Además, establece la formulación de un Plan Nacional de Energías Renovables y de Planes Regionales lo que permitirá cumplir con los objetivos de la Ley de Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el uso de energías renovables. (Quintana & Salazar, 2017)

El Decreto Ley 1058 de Promoción de Inversión Eléctrica con Recursos Hídricos y otros Recursos Renovables del 2008 establece que la generación de energía eléctrica a base de recursos hídricos o a base de otros recursos renovables, tales como el eólico, el solar, el geotérmico, la biomasa o la mareomotriz, gozará del régimen de depreciación acelerada, la misma que no será mayor de 20% como tasa global anual, para efectos del Impuesto a la Renta. (Quintana & Salazar, 2017)

LEY N° 27446(Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental).

Ley N°28546; Ley de Promoción y Utilización de Recursos Energéticos Renovables No Convencionales - Junio del 2005.

DS N°050 - 2008-EM; Reglamento de la Generación de Electricidad con Energías Renovables - Mayo 2008

DL N°1002; Ley de Promoción Inversión Generación de Electricidad Uso de Energías Renovables - mayo 2008

DL N°1058; Promueve la Inversión en Generación Eléctrica con Recursos Hídricos y otros Recursos Renovables - Junio 2008

D.S. 021- 2007-EM REGLAMENTO DE COMERCIALIZACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES LIQUIDOS - 2007

LEY 28054; LEY DE PROMOCIÓN DEL MERCADO DE BIOCOMBUSTIBLES 2003

### **1.3.7 Definición de caldera**

Primeramente, la caldera es un dispositivo muy importante para la generación de vapor, por ello también se le denomina generadores de vapor, son muy importantes en las instalaciones industriales porque se encuentran en el corazón de los sistemas termoenergéticos. El vapor producido por la caldera se lleva mediante tuberías a una turbina que transforma ese vapor en energía mecánica. Luego esa energía mecánica pasa por el generador transformándolo así en energía eléctrica. (Lapido, Vidal, & Madrigal, 2015).

### **1.3.8 Caldera pirotubular**

Las calderas pirotubulares aparecen en las industrias hace más de cien años. En el cual ha sido muy importante en el desarrollo socio económico de cada país. Este tipo de calderas funcionan con biomasa, por ejemplo, con cascarilla de arroz, residuos de la madera (aserrín y viruta), etc. Estas biomásas que son en abundancia al nivel mundial son aprovechadas por este tipo de calderas pirotubulares. (Lapido, Vidal, & Madrigal, 2015)

Dentro de la caldera se encuentra el Hogar, y al ingresar cualquier tipo de biomasa bajo ciertos parámetros adecuados serán quemadas para calentar los tubos que se encuentran internamente llenos de agua, para producir vapor, el cual es transportado hacia la turbina que va ser transformado en energía mecánica; luego esta energía mecánica ingresará a un generador para transformarla en energía eléctrica. (Lapido, Vidal, & Madrigal, 2015)

### **1.3.9 Hogar con parrilla escalonada movable**

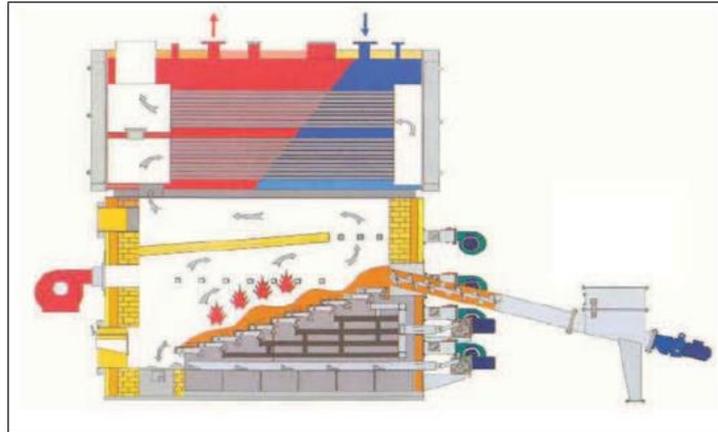
(Echeverría & López, 2010). Los resultados que se reportan con este tipo de Hogar con parrilla escalonada son muy satisfactorios y de alta eficiencia en combustión de cascarilla. En este tipo de parilla se puede controlar las zonas de alimentación, combustión y desalojo de cenizas.

El aire de combustión se divide de acuerdo a las diferentes zonas de la parrilla y podría también suministrarse en forma concreta dentro de la principal zona de combustión. Hay que poner especial atención en el diseño de la cámara de combustión, para lograr el aprovechamiento máximo y encendido óptimo. (Echeverría & López, 2010).

(Echeverría & López, 2010). En la siguiente figura se representa una sección de este tipo de parilla. La utilización de este sistema de parilla, alcanza alta razón de conversión de energía. Cada una de las tres secciones consiste de:

- Parrilla de parte rígida con ángulo de inclinación regulable.
- Parrilla que opera con alimentación mecánica.
- Parte longitudinal, la cual divide dos zonas en movimiento.

**Figura 1: Hogar con Parrilla escalonada móvil**



**Fuente:** (Echeverría & López, 2010)

### **1.3.10 Eficiencia**

La eficiencia térmica es muy importante en el indicador de trabajo de un generador de vapor, ya que su principal característica es aprovechar la energía suministrada. Frecuentemente se expresa la eficiencia de la caldera en porcentaje o por término de evaporación, que indica la proporción de vapor generado por unidad de combustible quemado en el horno. (Lapido, Vidal, & Madrigal, 2015).

### **1.3.11 Aplicación de las calderas Piro-tubulares**

(Lapido, Vidal, & Madrigal, 2015). Las calderas piro-tubulares tienen un rango muy alto en su amplio uso, se destacan siempre en los sistemas de calefacción y producción de vapor requerido en los procesos industriales, donde la demanda de vapor es relativamente reducida, debido a las diversas características propias de estas calderas, como son:

- Diseño simple y compacto.
- Es de fácil montaje, instalación y operación.
- Tiene un bajo costo inicial.

- Es muy eficiente en su rango de operación.
- El corto período de tiempo para el suministro y puesta en marcha.
- Permite compensar los efectos de las grandes y repentinas fluctuaciones de la demanda de vapor

### **1.3.12 Agua en calderas**

En la actualidad a nivel mundial, el agua que se utiliza en sistemas de generación de vapor es mucho más exigente que en años anteriores, esto nos lleva a obtener un agua mejor tratada para las modernas calderas de media y alta presión.

Siempre se tiene que tener cuidado con las impurezas, tienen que estar dentro de los límites máximos permisibles de la composición del agua que se alimenta a la caldera.

#### **A. Dureza del agua**

Mayormente los contenidos de sales de calcio y magnesio se expresan como partes por millón (ppm) de carbonato de calcio, a lo que se denomina dureza. Los carbonatos y bicarbonatos de calcio de magnesio, mayormente constituyen una dureza temporal del agua, mientras tanto los cloruros, sulfatos y nitratos son la dureza permanente. Mayormente la dureza del agua causa muchos problemas en los intercambiadores de calor, porque se impregna a las paredes de los equipos, formando siempre incrustaciones difíciles de quitar. (Guamán, 2011).

#### **B. Incrustación y efecto de la misma**

Mayormente la formación de incrustación aumenta con la tasa de evaporación. Al final los depósitos de incrustación siempre serán mayores donde la temperatura de los gases sea mucho mayor.. (Guamán, 2011)

#### **C. Prevención de la formación de incrustaciones**

(Guamán, 2011). Las recomendaciones de especialistas en el tema mayormente recomiendan el empleo de las estrategias siguientes en la prevención de la formación de costras:

- Siempre evitar el uso de agua dura en la caldera.

- Tener siempre un mejor control de la concentración de impurezas.

#### **D. Corrosión y efectos de la misma**

(Guamán, 2011). Siempre se da la corrosión en calderas, lo que significa el deterioro del metal por algunas reacciones químicas. El metal mayormente es disuelto o «comido». Siempre el efecto corrosivo va a debilitar seriamente al metal, de cierto modo va a ocurrir un fallo inesperado de alguna parte del recipiente a presión de la caldera. En esta sección se revisarán las principales causas de corrosión, tales como:

- La acidez relativa del agua de caldera.
- La presencia de oxígeno disuelto en el agua de caldera.

#### **1.3.13 Ablandamiento de las aguas**

Hoy en día se tiene muy en cuenta los métodos de ablandamiento de agua, para mejorar de manera continua el estudio químico de agua. Los iones formadores de dureza, el calcio y magnesio del agua, mayormente son eliminados del intercambiador por iones de sodio no constituyentes de dureza que están agregados a la resina. (Guamán, 2011).

#### **1.3.14 Sedimentación**

Se define como sedimentación a un proceso natural, por el cual las partículas e impurezas del agua caen al fondo por la gravedad. (Guamán, 2011)

#### **1.3.15 Diseño de la caldera**

##### **1.3.15.1 Diseño Térmico**

##### **A. Parámetros de Operación**

Los parámetros para el agua en condiciones estables la temperatura de operación mínima que se recomienda para el agua de alimentación a las calderas es 70°C.

- Temperatura de entrada de agua 70°C

- Temperatura de salida del vapor de agua 400°C
- Flujo másico de vapor de agua 1414,8 Kg/h

## B. Caudal de Gases

Caudal de gases = caudal de aire + caudal de combustible

- Caudal de combustible  
 $\mu_c$  = caudal del combustible en Kg/h.

$$P.V = n.R.T \dots \dots \dots \text{Ecuación 1: Caudal de gases}$$

Donde:

P = Es la Presión absoluta

V = Volumen del gas

N = Moles de gas

R = Constante universal de los gases ideales

T = Temperatura absoluta

- **Caudal de aire**

La cantidad de aire requerido para quemar el combustible va a ser obtenidos de la siguiente tabla:

**Tabla 12: Cantidad de aire requerido para quemar el combustible**

Elemento en el Combustible	Kg aire/Kg elemento
<b>Carbono C</b>	15,01
<b>Hidrogeno H</b>	26,07
<b>Azufre S</b>	2,38

**Fuente:** Procesos de transferencia de calor (Kern, 1999)

**Tabla 13: Composición porcentual de la cascarilla de arroz**

Elemento en el Combustible	Porcentaje %
Carbono C	37,6
Hidrogeno H	5,78
Azufre S	0,09

**Fuente:** Procesos de transferencia de calor

de (Kern, 1999)

**C. Suposición del Coeficiente de Transferencia de Calor  $U_D$ .**

Para el prediseño térmico es necesario suponer en primera instancia un coeficiente total de transferencia de calor.

**Tabla 14: Composición porcentual de la cascarilla de arroz**

FLUIDO CALIENTE	FLUIDO FRIO	$U_D$ (BTU/h.pie <sup>2</sup> °F)
Gases	Agua	2-50
Vapor de agua	Sustancia orgánica pesada	6-60

**Fuente:** Procesos de transferencia de calor (Kern, 1999).

En el caso de una caldera el intercambio de calor se da entre los gases de la combustión y el agua, por lo escogemos el parámetro Gases - Agua en el rango de 2 – 50

$$UD = 5, BTU /h.pie^2 \dots \dots \dots \text{Ecuación 2}$$

**D. Diferencia verdadera de Temperatura  $\Delta T$**

La diferencia de temperatura verdadera o efectiva para ser utilizada en cualquier tipo de intercambiador de calor, se expresa de la siguiente manera:

$$\Delta T = F_T.MLDT \dots \dots \dots \text{Ecuación 3}$$

De donde:

MLDT = Medida logarítmica de la diferencia de temperaturas

$F_T$  = Factor adimensional de diferencia de temperatura

## E. Cálculo de la superficie del Calentamiento

La ecuación de Fourier que considera los depósitos de lodos y suciedades en los tubos es:

Dónde:

$$Q = UD.A.MLDT \dots \dots \dots \text{Ecuación 4}$$

## F. Selección y Arreglos de Tubos

Utilizaremos tubería de acero sin costura para calderas ASTM A192, ya que tiene superficies bastantes lisas y excelentes propiedades de transferencia de calor.

Figura 2: Tubos de Acero sin Costura ASTM A-192 para Calderas



Fuente: [http://www.eberhardt-sa.com/prod\\_acero4.html](http://www.eberhardt-sa.com/prod_acero4.html)

## G. Número de Tubos

$$N = \frac{A}{L(DE*\pi)} \dots \dots \dots \text{Ecuación 5}$$

A = Superficie de calentamiento

B = Longitud de tubos

DE\*π = Superficie (exterior) por lineal (pie<sup>2</sup>/pie)

### 1.3.15.2 Diseño Mecánico

Para el diseño mecánico de la caldera se utilizarán las recomendaciones del código ASME (American Society of Mechanical Engineers). Por tratarse de un recipiente sometido a presión por el lado de agua, las juntas por soldadura que se aplicarán durante todo el proceso de construcción se seleccionan del mismo código ASME.

#### A. Calculo del espesor del casco

$$t = \frac{PR}{SE+0,4P} \dots\dots\dots \text{Ecuación 6}$$

**P** = Presión de diseño o presión máxima de diseño lb/pulg<sup>2</sup>

**R**= Radio exterior, pulgada

**S**= Eficiencia de la junta

**E**=Eficiencia de la junta

**t** = Espesor pared, pulgadas

#### B. Espesor de los Espejos

$$t = d x \sqrt{\frac{CP}{SE}} \dots\dots\dots \text{Ecuación 7}$$

**E** = Eficiencia de la junta

**P** = Presión de diseño, lb / pulg<sup>2</sup>

**d** = Diámetro interior del casco, pulg.

**S** = Valor máximo del esfuerzo permitido del materia,l lb / pulg<sup>2</sup>

**t** = Espesor mínimo requerido de la placa, pulg

**C** = Coeficiente mínimo establecido en ASME UG-34 = 0,020

#### C. Chimenea

$$\frac{d}{H} = \frac{1}{25} \dots\dots\dots \text{Ecuación 8}$$

Donde

**H** = altura, m

**d** = diámetro, mm

## D. Cálculo de cantidad de Flujo al Vapor

### Volumen total de los gases de Combustión

$$V_g = V_{gs} + V_{H_2O} \dots \dots \dots \text{Ecuación 9}$$

Donde:

$V_{gs}$  = Volumen de gases de combustión,  $m^3/kg$ .

$V_{H_2O}$  = Volumen de vapor de agua en los bases de comustión,  $m^3/kg$ .

### Volumen de los gases Biatómicos

$$V_{N_2} = 0,79 \times \alpha + 0,8 \times \frac{N}{100} \dots \dots \dots \text{Ecuación 10}$$

Donde:

$\alpha$  = Coeficiente de exceso de aire C

N = es el contenido de Nitrógeno en el combustible, %C

### Volumen de los gases Triatómicos

$$V_{RO_2} = 0,0187 (C + 0,375 \times S) \dots \dots \dots \text{Ecuación 11}$$

Donde:

C = Es el contenido de carbono en el combustible, %.

S = Es el contenido de azufre en el combustible, %.

### Volumen de Oxígeno en los Gases de Combustión

$$V_{O_2} = 0.21 (\alpha - 1) V_0 \dots \dots \dots \text{Ecuación 12}$$

Donde

$\alpha$  = Coeficiente de exceso de aire

$V_0$  = Volumen teórico de aire,  $m^3/kg$ .

### **Volumen de Dióxido de Carbono en los Gases de Combustión**

$$V_{CO_2} = 0.0187 C \dots \dots \dots \text{Ecuación 13}$$

Donde:

C = Es el contenido de carbono en el combustible, %.

### **Volumen de Dióxido de Azufre en los Gases de Combustión**

$$V_{SO_2} = 0.0187 \times 0,0375 \times S \dots \dots \dots \text{Ecuación 14}$$

Donde:

S = Es el contenido de azufre en el combustible, %.

### **1.3.16 Eficiencia de la caldera**

$$\eta_{caldera} = 100 - Q_2 - Q_3 - Q_4 - Q_5 - Q_6 \dots \dots \dots \text{Ecuación 15}$$

Donde:

$Q_2$  = Cálculo de pérdida por los gases de combustión, %

$Q_3$  = Cálculo de pérdida por incombustión química, %

$Q_4$  = Cálculo de pérdida por combustión mecánicamente incompleta, %

$Q_5$  = Cálculo de pérdida por radiación y conducción, %

$Q_6$  = Cálculo de pérdida por cenizas, %

### **1.3.17 Turbina de Vapor**

Mayormente una turbina de vapor se considera una turbomáquina motora, el cual transforma la energía de un flujo de vapor en energía mecánica mediante un intercambio de cantidad de movimiento entre el fluido de trabajo (el vapor) y el rodete, el cual es el órgano principal de la turbina, está equipada con palas o álabes los cuales tienen una forma específica para realizar el intercambio energético sin inconvenientes (García, 2011).

### **1.3.18 Generador.**

(Beyrut, 2012). El equipo más importante en una central termoeléctrica es el Generador ya que va a generar energía eléctrica a partir de energía mecánica, el cual es el principal objetivo a conseguir cuando la planta es construida. Existen tres tipos de generadores eléctricos rotatorios:

- Sincrónicos de corriente alterna (ca)
- Inducción de corriente alterna (ca)
- Rotatorios de corriente directa (cd).

Los generadores sincrónicos son los de mayor uso debido a su sistema de excitación, en cambio, los generadores de cd han sido reemplazados casi por completo por rectificadores estáticos de silicio. (Beyrut, 2012).

### **1.3.19 Transformador**

El transformador es un dispositivo que modifica la potencia eléctrica de corriente alterna con un cierto valor de tensión y corriente en otra potencia de igual similitud.. (Álvarez, 2009) .

## **1.4 Formulación del Problema**

¿Cómo disminuir el consumo de energía eléctrica en los molinos de arroz de la provincia de Jaén, utilizando la cascarilla de arroz?

## **1.5 Justificación e importancia del estudio**

En el presente tema de investigación, se justifica en los altos pagos de consumo de energía eléctrica (varían entre 10 y 25 mil nuevos soles mensuales), por parte de los molinos de arroz en la provincia de Jaén, en este caso la biomasa (cascarilla de arroz), es útil y fundamental para diseñar una central térmica para reducir el costo de consumo de energía eléctrica.

El arroz es muy abundante en la provincia de Jaén, siendo uno de los principales ingresos económicos en las familias como en las industrias de la provincia.

**Técnica:** Mediante el proceso termodinámico adecuado, se va aprovechar al máximo los gases producidos por la combustión de la cascarilla de arroz. Dicho gas ingresará a una turbina para generar energía mecánica y finalmente, después con un generador convertir esa energía mecánica en energía eléctrica.

**Económica:** Al finalizar el trabajo de investigación se va a permitir contribuir en el ahorro de consumo de energía de las molineras de arroz en la provincia de Jaén, y así disminuir los altos gastos de dinero que se paga por la energía eléctrica consumida por dichos molinos.

**Social:** Se podrá ampliar la línea para electrificar zonas aisladas que no cuenten con energía eléctrica

**Ambiental:** Con la utilización de una caldera Pirotubular, se va a contribuir con la mínima emisión de gases perjudiciales para la salud de las personas en la provincia de Jaén.

## **1.6 Hipótesis.**

Con el diseño de una central termoeléctrica que aprovecha el potencial de la cascarilla de arroz, se va generar energía eléctrica, para reducir los costos de consumo de energía en los molinos de arroz de la provincia de Jaén.

## **1.7 Objetivos.**

### **1.7.1 Objetivo general**

Diseñar una central termoeléctrica utilizando cascarilla de arroz para reducir costos de consumo de energía eléctrica en los molinos de arroz de la provincia de Jaén.

### **1.7.2 Objetivos específicos**

- a) Determinar el consumo de energía eléctrica y producción de arroz en cáscara de los diferentes molinos de arroz en la provincia de Jaén.
- b) Calcular la potencia para generar energía eléctrica
- c) Seleccionar los equipos para la generación y distribución de la energía termoeléctrica.
- d) Realizar un análisis económico de la central termoeléctrica propuesta.

# **CAPÍTULO II**

## **MÉTODO**

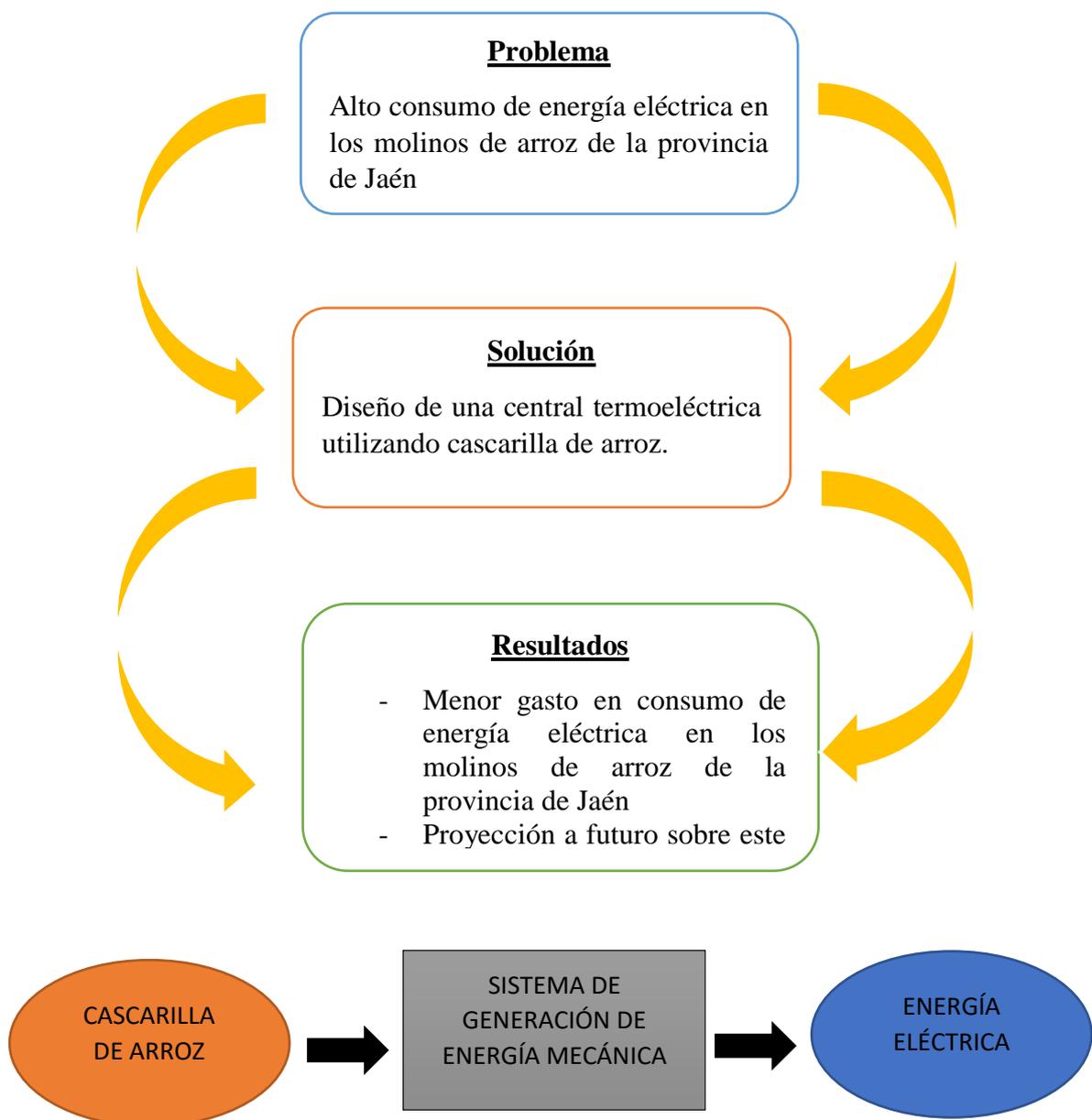
## II. MÉTODO

### 2.1 Tipo y Diseño de investigación

#### 2.1.1 Tipo de Investigación

Esta investigación será descriptiva, ya que se pretende informar sobre la generación de energía eléctrica diseñando una central termoeléctrica utilizando la cascarilla de arroz para reducir costos de consumo de energía eléctrica en los molinos de arroz de la provincia de Jaén.

#### 2.1.2 Diseño de Investigación



## 2.2 Variables, Operacionalización

### 2.2.1 Variable Independiente

Diseño de una central termoeléctrica.

### 2.2.2 Variable Dependiente

Reducción de costos de consumo de energía eléctrica.

**Tabla 15: Operacionalización de Variable Dependiente**

<b>Variable Dependiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnica e instrumento de Recolección de datos</b>
Reducción de costos de consumo de energía eléctrica	Consumo energético de cada molino de arroz.	Costo = kW- h/S/.	Ficha de Recolección de datos del consumo eléctrico anual de cada molino

**Tabla 16: Operacionalización de Variable independiente**

<b>Variable Independiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnica e instrumento de Recolección de datos</b>
Diseño de una Central Termoeléctrica	Flujo másico de cascarilla de arroz	$\dot{m} = \text{kg/h}$	Ficha de revisión Bibliográfica.
	Potencia de Generación	J/seg.	Análisis energético de la cascarilla de arroz

## **2.3 Población y Muestra.**

### **2.3.1 Población.**

Molinos de arroz formales de la provincia de Jaén, se va a evaluar el consumo de energía eléctrica y la cantidad necesaria de cascarilla de arroz de cada molino; datos que son necesarios para realizar el diseño de la central térmica.

### **2.3.2 Muestra.**

“Molinos del Norte Nueva Villa”, “Molinería el Agricultor S.A.C”, “Piladora el Sol”, “Molinería los Cocos S.A.C”

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.**

### **2.4.1 Técnicas de recolección de datos.**

**a) Observación:** se tendrá en cuenta el problema social, ambiental y económico en los molinos de arroz de la provincia de Jaén. Lo cual nos va permitir la realización y la construcción de una central termoeléctrica para la generación de energía, mediante el uso de la cascarilla de arroz.

**b) Entrevista:** A los dueños de los molinos de arroz de la provincia de Jaén por el alto consumo de energía eléctrica.

**c) Recolección de datos:** Se tendrá en cuenta las informaciones y consejos de especialistas en el tema, así como también de revistas, libros, artículos científicos, tesis nacionales e internacionales.

### **2.4.2 Instrumento de recolección de datos**

#### **a) Ficha de revisión Bibliográfica**

Se elaboró una ficha de revisión bibliográfica para realizar en detalle e identificar cada uno de los elementos que conforma el proceso de generación de energía eléctrica.

#### **b) Encuesta**

Se realizará una encuesta a los dueños de los molinos de arroz de la provincia de Jaén, para conocer si están dispuestos a invertir en una central termoeléctrica

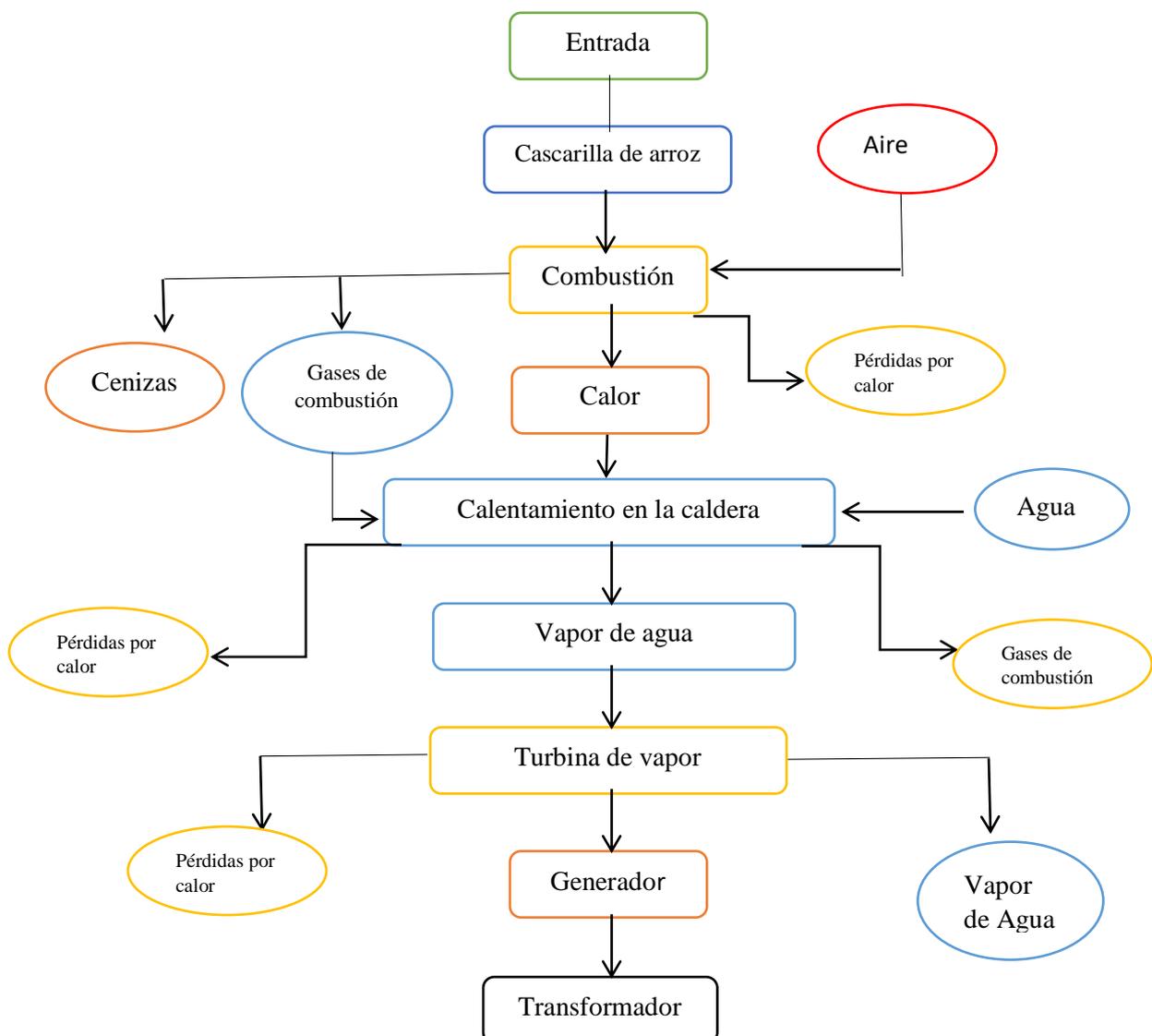
utilizando como biomasa la cascarilla de arroz, y reducir así el costo de consumo de energía eléctrica en sus molinos.

### c) Guía análisis de documentos

Se revisará ciertas normas ambientales y riesgos del proceso de generación de energía eléctrica que están dadas por el DGE y el MEM.

Para elegir los dispositivos electromecánicos que conforman el sistema termoeléctrico me apoyaré en artículos, libros, manuales para elección de dichos componentes.

#### ➤ Diagrama de Flujo



Fuente: (Leyva, 2015)

## **2.6 Criterios Éticos.**

### **2.6.1 Criterio de la publicación.**

Al publicar mi informe de investigación sobre el Diseño de una Central termoeléctrica utilizando como biomasa la Cascarilla de arroz para reducir costos de consumo de energía eléctrica en los molinos, se va a impulsar el conocimiento sobre el potencial energético que contiene esta biomasa (cascarilla de arroz).

### **2.6.2 Criterio de publicación**

Al publicar mi informe de investigación, expondré que generar energía eléctrica con esta biomasa no contamina y con el pasar del tiempo puede ser sustentable por la cantidad de cascarilla que se genera en la zona.

### **2.6.3 Ética de la aplicación**

Para diseñar la central termoeléctrica consideré información de tesis, libros, artículos científicos sobre el tema y también datos proporcionados por los propios dueños de los molinos de arroz de la provincia de Jaén. Para lograr la selección adecuada de los equipos que conforman la central termoeléctrica y evitar así el sobredimensionamiento de todo el sistema de generación de energía eléctrica.

### **2.6.4 Código ético de la profesión**

A. Código de ética del CIP (Colegio de Ingenieros del Perú) Aprobado en la III Sesión Ordinaria del Congreso Nacional de Consejos Departamentales del Periodo 1998 – 1999 en la ciudad de Tacna 22, 23 y 24 de abril de 1999.

**Art.4.-** Los ingenieros reconocerán que la seguridad de la vida, la salud, los bienes y el bienestar de la población y del público en general, así como el desarrollo tecnológico del país dependen de los juicios, decisiones incorporadas por ellos o por su consejo, en dispositivos, edificaciones, estructuras, máquinas, productos y procesos. Por ninguna razón pondrán sus conocimientos al servicio de todo aquello que afecta la paz y la salud.

**Art.12.-** Los ingenieros pueden expresar opiniones en temas de ingeniería solamente cuando se basen en un adecuado análisis y conocimiento de los hechos, en competencia técnica suficiente y convicción sincera.

**Código de Ética de la Universidad Señor de Sipán elaborado por la Dirección de Investigación, revisado por el Área De Planificación Y Desarrollo Institucional – Asesoría Legal. Ratificado por el acuerdo del Consejo Universitario con resolución rectoral N° 0851 – 2017/USS.**

**Art. 7°:** Son deberes éticos de los investigadores:

- a) Autonomía.
- b) Responsabilidad.
- c) Profesionalismo.
- d) Compromiso con la sociedad.
- e) Supervisión.
- f) Desarrollo profesional.

**Art. 14°:** Respeto de los investigados y de lo investigado:

- a) Respetar las condiciones de salud, de integridad física, psicológica y moral de las personas o grupos que participan en el estudio.
- b) Solicitar y obtener el consentimiento expresado e informado de las personas sujetos investigación.
- c) Respetar la idiosincrasia y la cultura de los participantes en la investigación.
- d) Garantizar el bienestar de las personas, animales y plantas, como objeto de investigación.
- e) Garantizar el almacenamiento adecuado de la información obtenida para el estudio.
- f) Aplicar en todo momento los criterios de confidencialidad y anonimato.
- g) Presentar los resultados respetando las normas de Propiedad Intelectual.

# **CAPITULO III**

## **RESULTADOS**

### III. RESULTADOS

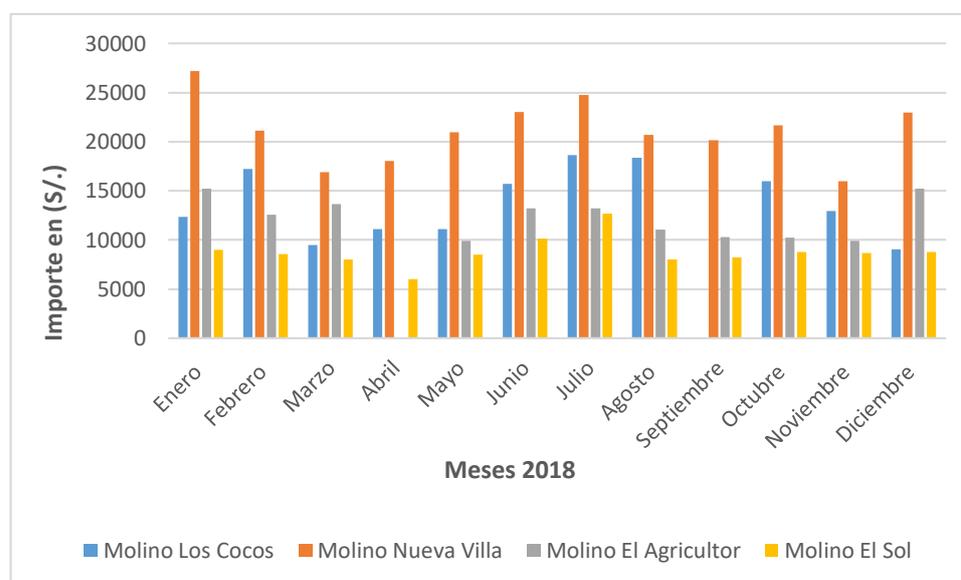
Primeramente se va a determinar el consumo de energía eléctrica y la producción de arroz en cáscara de manera mensual en los molinos de arroz mencionados anteriormente. Estos datos son importantes para poder determinar la potencia a generar, para poder satisfacer la demanda en los molinos.

Posteriormente se va a calcular y seleccionar los equipos para la generación de energía eléctrica (Caldera, Turbina – Generador, Transformador); luego se va realizar el cálculo eléctrico y mecánico de la línea, para la distribución de la energía a los molinos. El diseño de la línea de distribución es importante porque la línea que actualmente distribuye la energía eléctrica a los molinos, tiene una antigüedad de 30 años; lo cual se puede asumir como una línea sobrecargada por el aumento de la población y de igual manera la fase industrial.

Por último se va realizar un análisis económico de la central termoeléctrica propuesta para verificar la viabilidad del proyecto.

#### 3.1. Consumo de energía eléctrica y producción de arroz en cáscara de los diferentes molinos de arroz en la provincia de Jaén.

**Gráfico 1:** Importe en (S/.) del consumo de energía Eléctrica de manera mensual del año 2018 en los molinos de Jaén

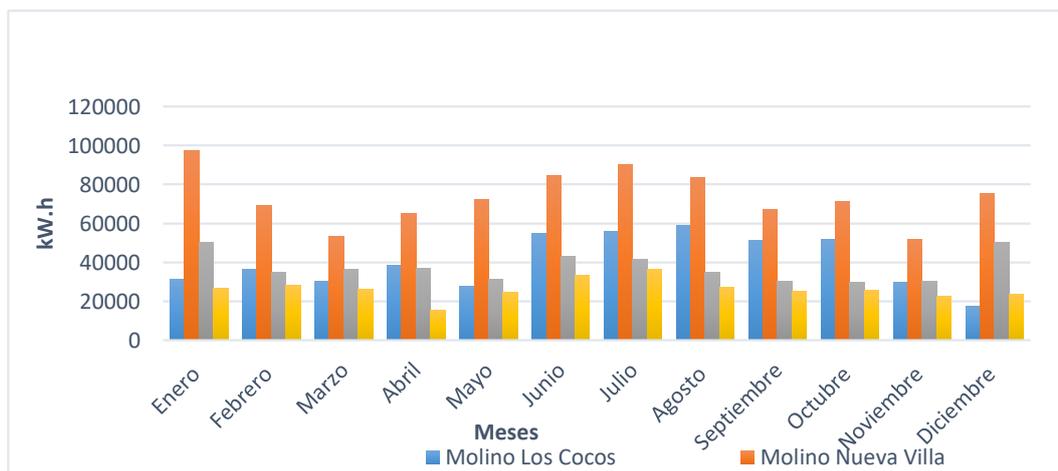


**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación:

Con respecto al gráfico se observa que el molino Nueva Villa es el que más gastos genera por el pilado de arroz, sobrepasando los S/. 25 000 Nuevos Soles. En cambio, por otro lado, El molino El Sol sus gastos por consumo de energía eléctrica es mucho menos que los demás molinos alcanzando un mínimo un poco más de los S/. 5 000 Nuevos soles.

**Gráfico 2:** Consumo de energía mensual en kW.h  
en los molinos de Jaén del año 2018

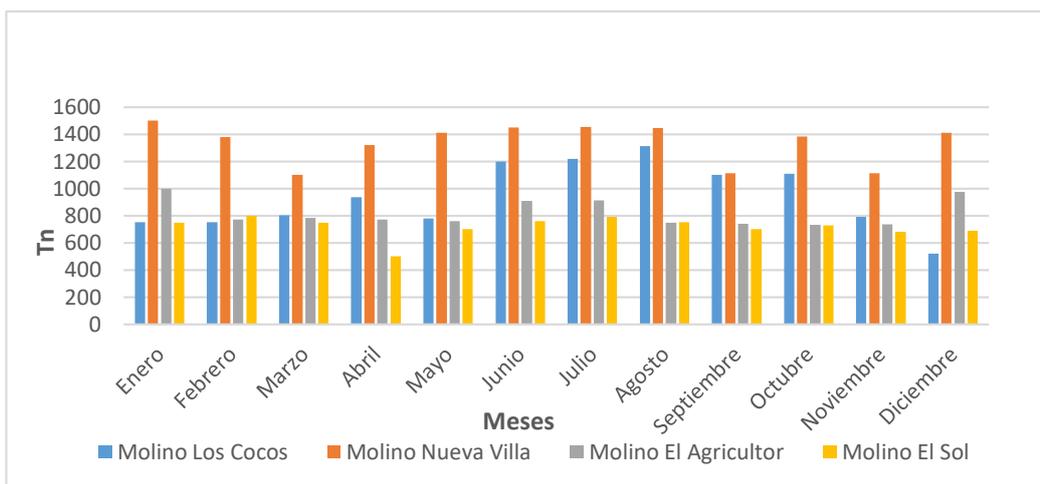


**Fuente:** Elaboración propia

### Interpretación:

Se observa en el gráfico el consumo de energía eléctrica en los molinos de la provincia de Jaén. En el mes de enero el molino Nueva villa alcanzó aproximadamente los 100 000 Kw.h de consumo de energía eléctrica y su mes más bajo de consumo fueron en los meses de febrero y Noviembre con un aproximado de 50 000 Kw.h El Molino el Sol es el que menor consumo de energía eléctrica presenta, con un aproximado de 15 000 kW.h.

**Gráfico 3:** Producción del pilado de arroz en los molinos de Jaén, del 2018

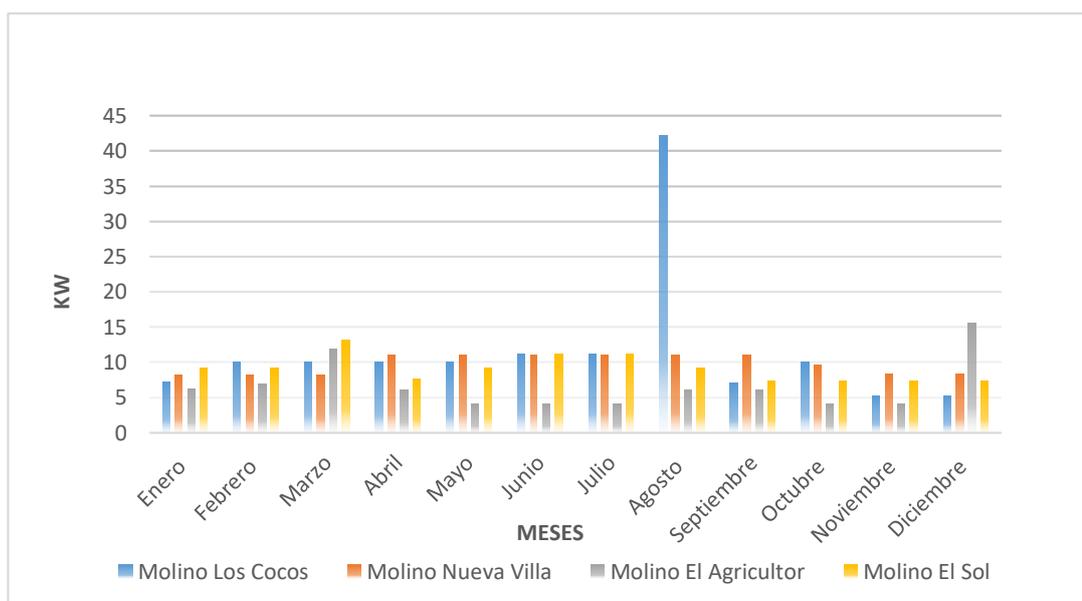


**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:**

Se observa del gráfico que la mayor producción del pilado de arroz en los molinos de la provincia de Jaén ocurre entre los meses de Junio y octubre, con un pico aproximado de 1500 Tn y un mínimo de 650 Tn.

**Gráfico 4:** Potencia Hora Punta en los molinos de arroz de Jaén, del 2018



**Fuente:** Elaboración propia

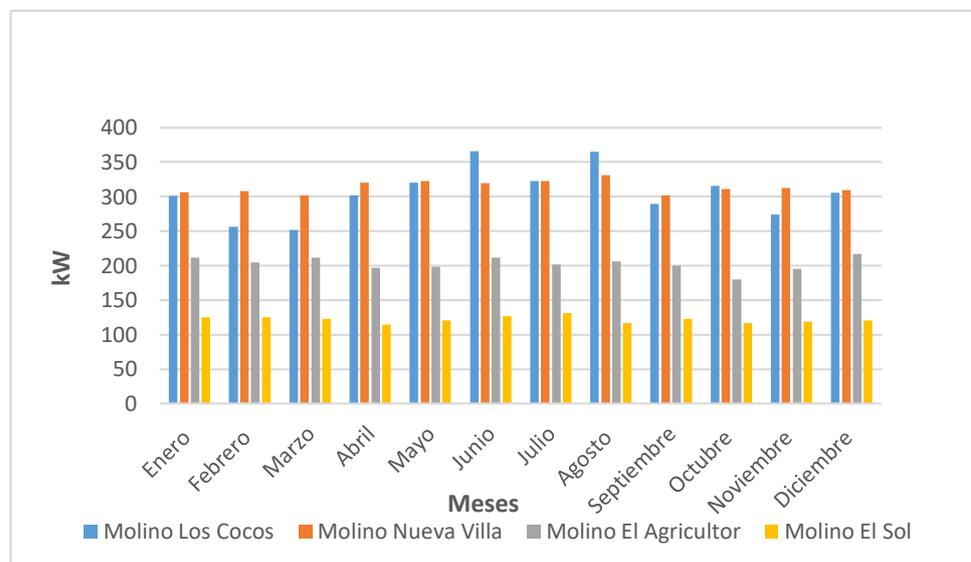
**Interpretación:**

Se observa en la gráfica que, en el mes de agosto, el Molino Los Cocos alcanza una potencia de aproximadamente 40 kW en hora punta; Y el

molino el Agricultor un aproximado de 5 kW en hora punta. Los molinos evitan la producción en hora punta por el alto precio que cuesta el consumo de energía. Es por eso que se evita la producción desde las 18.00 hasta las 23 :00 horas.

Obs: En el “Molino los Cocos” en el mes de agosto alcanza una potencia aproximada de 40 kW en hora punta, esto debido al trabajo extra que realizó en horario de hora punta de 18:00 hasta las 23:00 horas.

**Gráfico 5:** Potencia Fuera Hora Punta en los molinos de arroz de la provincia de Jaén, del 2018



**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:**

Se puede observar del gráfico que entre los meses de Junio y Agosto la potencia hora punta en los molinos de arroz alcanza un pico de aproximadamente 300 kW y un mínimo de 125 kW.

**Gráfico 6:** Cálculo del factor de carga H.P y F.H.P,  
en los molinos de arroz de la provincia de Jaén, del 2018



**Fuente:** Elaboración propia

#### Fórmulas utilizadas:

##### ➤ FACTOR DE CARGA HORA PUNTA

$$f_{C.H.P} = \frac{\text{Energía hora punta}}{\text{tiempo} * \text{potencia hora punta max}} \dots \text{Ecuación 16}$$

##### ➤ FACTOR DE CARGA FUERA HORA PUNTA

$$f_{F.H.P} = \frac{\text{Energía fuera punta}}{\text{tiempo} * \text{potencia fuera punta max}} \dots \text{Ecuación 17}$$

#### Interpretación:

- El gráfico nos indica que el Molino Nueva Villa en su FC.H.P es de 0,98 de la energía consumida al nivel de su máxima demanda, mientras que el molino Los cocos representa el más bajo con un 0,12 de su máxima demanda.
- El Gráfico nos indica que el Molino Nueva villa en su FC.F.P es de 0,38 de la energía consumida al nivel de su máxima demanda, mientras que el molino Los Cocos representa el más bajo con 0,19 de su máxima demanda.

**Tabla 17: Resumen de información Anual de los molinos de arroz.**

<b>MOLINO</b>	<b>CASCARILLA DE ARROZ (Ton/día)</b>	<b>IMPORTE TOTAL(S/.)</b>	<b>ENERGIA (KW.h)</b>	<b>FC HORA PUNTA</b>	<b>FC FUERA HORA PUNTA</b>
Los Cocos	7,27	13818,46	40323,11	0,12	0,19
Nueva Villa	10,39	21126,65	73424,43	0,98	0,38
El Agricultor	6,35	12222,71	37442,88	0,2	0,29
El Sol	5,56	8772,44	26416,95	0,36	0,34
PROMEDIO	7,39	13985,07	44401,84	0,42	0,30

**Fuente:** Elaboración propia

Los datos de obtenidos son de los promedios de las tablas generales de cada molino. El promedio de cascarilla que se genera en los molinos de arroz en la provincia de Jaén es de 7,39 Tn. Sin embargo, para efecto de cálculo y pérdidas de cascarilla que hubiera, se trabajará con el valor promedio de 7 Tn/día.

### 3.1.1 Cálculo de la potencia

**Tabla 18: Resumen de la energía en los molinos.**

<b>MOLINO</b>	<b>ENERGÍA ACTIVA HORA PUNTA (kW-h)</b>	<b>ENERGÍA ACTIVA FUERA PUENTA (kW-h)</b>
<b>Los Cocos</b>	464,26	39370
<b>Nueva Villa</b>	1825,86	72281,97
<b>El Agricultor</b>	467,71	36009,51
<b>El Sol</b>	720,7	26299,45
<b>PROMEDIO</b>	869,63	43490,23

**Fuente:** Elaboración propia

#### ➤ Potencia Hora Punta

$$P = \frac{\text{Energía hora punta}}{\text{tiempo} * \text{FC.H.P}} \dots \text{Ecuación 18}$$

$$P = \frac{869,63}{(5*26)*0,42} = 15,93 \text{ kW}$$

➤ **Potencia Fuera Punta**

$$P = \frac{\text{Energía fuera punta}}{\text{tiempo} * FF.H.P} \dots \text{Ecuación 19}$$

$$P = \frac{43490,23}{(19*26)*0,30} = 293.46 \text{ kW}$$

Por lo tanto, la máxima demanda a generar será de **300 KW**

### 3.1.2 Selección de equipos para la generación y distribución de la energía termoeléctrica.

Se va realizar a seleccionar el tipo de caldera Pirotubular, para lo cual se ha realizado un criterio de ponderación para para fortalecer el uso de este tipo de caldera y el material a utilizar.

#### 3.1.2.1 Tipo de Caldera y Selección de materiales Tabla 19: Selección del tipo de caldera

SELECCIÓN DEL TIPO DE CALDERA	
Según su uso	Caldera portátil
Según su presión	Caldera estacionaria
Según su material	Caldera de acero
Según su contenido de tubos	Caldera pirotubular
Según su forma y posición de tubos	Rectos / horizontales
Según su funcionamiento	Fired(con quemador)
Según su posición del hogar	interno
Según su fuente de calor	Combustión de combustible solido

Fuente: (Leyva, 2015)

- **Criterios de Ponderación**

Tabla 20: Criterios de ponderación

CRITERIO	VARIABLE	VALOR
Manufacturabilidad	Maf	1
Seguridad	S	2
Mantenimiento	Man	0,5
Costos	C	2
Tamaño	T	1
Peso	P	0.5

<b>Resistencia</b>	<b>Res</b>	<b>1</b>
<b>Funcionalidad</b>	<b>F</b>	<b>1.5</b>
<b>Piezas Estándar</b>	<b>Pe</b>	<b>0.5</b>
<b>TOTAL</b>		<b>10</b>

Fuente: (Leyva, 2015)

**Tabla 21: Selección del tipo de la caldera**

<b>Aspecto:</b>	<b>Caldera</b>	
<b>Alternativa</b>	Caldera Piro-tubular	Caldera Acuotubular
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fácil mantenimiento y mayor rendimiento</li> <li>-Puede aprovecharse el control del quemador; cuando caiga por debajo de la carga mínima, el quemador puede apagarse sin problemas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Evaporación más rápida, debido a las pequeñas cantidades de agua contenida en los tubos</li> <li>-trabajan a mayores presiones y se fabrican para grandes potencias</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Trabajan a menores presiones, pero son más grandes para una misma capacidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mantenimiento costoso y tiene un menor rendimiento</li> <li>-En el caso de determinados diseños, debe limitarse la carga parcial; el quemador no puede apagarse manualmente</li> </ul>

Fuente: (Leyva, 2015)

**Tabla 22: Selección del material para la cámara de humo**

<b>Aspecto:</b>	<b>Cámara de humo</b>		
<b>Alternativa</b>	Acero	Hierro Fundido	Aleación de Aluminio y Silicio
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Más Baratas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Larga Vida útil</li> <li>-Resistente a la corrosión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Resistencia a la corrosión</li> <li>-Menos Pesadas</li> </ul>

<b>Desventajas</b>	-Menos resistentes a la corrosión -Menos vida útil	-Pesada -Frágil ante cambios bruscos de temperatura	-Más Costosa
--------------------	---	--	--------------

Fuente: (Leyva, 2015)

**Tabla 23: Selección del material para la puerta de la cámara de humo**

<b>Aspecto:</b>	<b>Cámara de humo</b>	
<b>Alternativa</b>	Puerta de Doble Pared	Puerta Revestida con Ladrillo Refractario
<b>Ventajas</b>	-Durabilidad -Resistente a la corrosión	-Se puede utilizar el mismo ladrillo usado en altar y en la mampostería -Sencillez
<b>Desventajas</b>	-Tiene mayor costo	-Menos resistentes a la corrosión

Fuente: (Leyva, 2015)

**Tabla 24: Selección del material para la chimenea**

<b>Aspecto:</b>	<b>Chimenea</b>			
<b>Alternativa</b>	Silicato de calcio	Fibra de Vidrio	Vidrio Espumado	Ladrillo Refractario
<b>Ventajas</b>	- Es no combustible -Debe instalarse con recubrimiento protector	-Baja conductividad térmica -Alta capacidad para recuperar su forma, bajos costos de instalación	Impermeabilidad el Agua y vapor. -Resistencia a la compresión	-Soporta altos rangos de temperatura -Poca dilatación
<b>Desventajas</b>	- Rangos de temperatura baja (35 °C a 850C). - Material que absorbe agua	-Puede liberar partículas que causen problemas .- Temperatura máxima de aplicación es de 454 °C	- T. máxima de 454 °C	- Sensible a cambios bruscos de temperatura

Fuente: (Leyva, 2015)

**Tabla 25: Selección del material para el cenicero**

<b>Aspecto:</b>	<b>Cenicero</b>		
<b>Alternativa</b>	Acero	Hierro Fundido	Aleación de Aluminio y Silicio
<b>Ventajas</b>	-Más Baratas	-Larga Vida útil -Resistente a la corrosión	-Resistencia a la corrosión -Menos Pesadas
<b>Desventajas</b>	-Menos resistentes a la corrosión -Menos vida útil	-Pesada -Frágil ante cambios bruscos de temperatura	-Más Costosa

Fuente: (Leyva, 2015)

**Tabla 26: Selección del material para los conductos de humo**

<b>Aspecto</b>	<b>Material del conducto de humo</b>				
<b>Alternativa</b>	Acero inoxidable	Acero	Cobre	Alambre de acero	Aluminio
<b>Ventajas</b>	durabilidad	bajo costo, resistente	maleabilidad, peso, resistencia a altas temperaturas,	maleabilidad, costo, peso	peso, manufacturabilidad
<b>Desventajas</b>	costo	costos, manufacturabilidad	resistencia, costo	complejidad en su manufactura	costo, resistencia a altas temperaturas

Fuente: (Leyva, 2015)

**Tabla 27: Selección del material para la cámara de vapor**

<b>Aspecto</b>	<b>material de la cámara de vapor</b>				
<b>Alternativa</b>	acero inoxidable	Acero	Cobre	alambre de acero	aluminio
<b>Ventajas</b>	durabilidad	bajo costo, resistente	maleabilidad, peso, resistencia a altas temperaturas,	maleabilidad, costo, peso	peso, manufacturabilidad
<b>Desventajas</b>	costo	costos, manufacturabilidad	resistencia, costos	complejidad en su manufactura	costo

Fuente: (Leyva, 2015)

**Tabla 28: Selección del material para la puerta del cenicero**

<b>Aspecto</b>	<b>material de la puerta del cenicero</b>			
<b>Alternativa</b>	acero inoxidable	Acero	Cobre	aluminio
<b>Ventajas</b>	Durabilidad	bajo costo, resistente	maleabilidad, peso, resistencia a altas temperaturas, resistencia a bajas temperaturas	peso, manufacturabilidad
<b>Desventajas</b>	Costo	costos, manufacturabilidad	resistencia, costo	Costo

Fuente: (Leyva, 2015)

**Tabla 29: Selección del material para el altar**

<b>Aspecto:</b>	<b>Altar</b>			
<b>Alternativa</b>	Silicato de calcio	Fibra de Vidrio	Vidrio Espumado	Ladrillo Refractario
<b>Ventajas</b>	- Es no combustible  -Debe instalarse con recubrimiento protector	-Baja conductividad térmica  -Alta capacidad para recuperar su forma, bajos costos de instalación y buena absorción de ruido.	-permeabilidad el Agua y vapor.  -Resistencia a la compresión	-Soporta altos rangos de temperatura  -Poca dilatación Térmica
<b>Desventajas</b>	- Rangos de temperatura baja (35 °C a 850C).  - Material que absorbe agua	-Puede liberar partículas que causen problemas respiratorios  -Temperatura máxima de aplicación es de 454 °C	- T. máxima de 454 °C	- Sensible a cambios bruscos de temperatura

Fuente: (Leyva, 2015)

**Tabla 30: Selección para el revestimiento puerta del hogar**

<b>Aspecto:</b>	<b>Puerta del Hogar</b>	
<b>Alternativa</b>	Puerta de Doble Pared	Puerta Revestida con Ladrillo Refractario
<b>Ventajas</b>	-Durabilidad  -Resistente a la corrosión	-Se puede utilizar el mismo ladrillo usado en altar y en la mampostería  -Sencillez
<b>Desventajas</b>	-Tiene mayor costo	-Menos resistentes a la corrosión

Fuente: (Leyva, 2015)

**Tabla 31: Selección del material para de la puerta del hogar**

<b>Aspecto:</b>	<b>Material de la puerta del hogar</b>		
<b>Alternativa</b>	Acero	Hierro Fundido	Aleación de Aluminio y Silicio
<b>Ventajas</b>	-Más Baratas	-Larga Vida útil -Resistente a la corrosión	-Resistencia a la corrosión -Menos Pesadas
<b>Desventajas</b>	-Menos resistentes a la corrosión -Menos vida útil	-Pesada -Frágil ante cambios bruscos de temperatura	-Más Costosa

Fuente: (Leyva, 2015)

**Tabla 32: Selección del material para la mampostería**

<b>Aspecto:</b>	<b>Mampostería</b>			
<b>Alternativa</b>	<b>Silicato de calcio</b>	<b>Fibra de Vidrio</b>	<b>Vidrio Espumado</b>	<b>Ladrillo Refractario</b>
<b>Ventajas</b>	- Es no combustible -Debe instalarse con recubrimiento protector	-Baja conductividad térmica -Alta capacidad para recuperar su forma, bajos costos de instalación	-Impermeabilidad al agua y vapor. -Resistencia a la compresión	-Soporta altos rangos de temperatura -Poca dilatación
<b>Desventajas</b>	- Rangos de temperatura baja (35 °C a 850C). - Material que absorbe agua	-Puede liberar partículas que causen problemas respiratorios -Temperatura máxima de aplicación es de 454 °C	- T. máxima de 454 °C	- Sensible a cambios bruscos de temperatura

Fuente: (Leyva, 2015)

**Tabla 33: Selección del tipo de parrilla**

<b>Aspecto:</b>	<b>Parrilla</b>	
<b>Alternativa</b>	Fijas o Estacionarias	Móviles o Rotativas
<b>Ventajas</b>	-Puede aceptar diversos combustibles sólidos. -Más sencilla y usada. -Fácil mantenimiento.	-Rango de humedad alto. -Admite Biomasa con gran cantidad de ceniza.
<b>Desventajas</b>	-No admiten combustible muy húmedo.	-Más costosas. -Requieren mayor mantenimiento.

Fuente: (Leyva, 2015)

Aspecto:	Alternativas:	Criterios de Evaluación de Alternativas									Total
		Maf (1)	S (2)	Man (0.5)	C (2)	T (1)	P (0.5)	Res (1)	F (1.5)	Pe (0.5)	
Tipo de caldera	Pirotubular	1	2	0,5	2	1	0,5	1	1	0,5	9,5
	Acuotubular	0,7	2	0,3	1,5	0,8	0,3	1	1,2	0,4	8,2
Tipo de Puerta de Hogar	Puerta de Doble Pared	1	2	0,5	1	1	0,5	1	1,5	0,5	9
	Puerta Revestida con Ladrillo Refractario	0,5	1,5	0,5	2	1	0,5	0,5	1,5	0,5	8,5
Material de Puerta de Hogar	Acero	0,8	2	0,5	2	1	0,3	0,7	1,5	0,5	9,3
	Hierro Fundido	1	2	0,5	1,6	1	0,5	1	1,5	0,5	9,6
	Aleación de Aluminio y Silicio	0,5	2	0,5	1	1	0,5	1	1,5	0,3	8,3
Material de chimenea	Silicato de calcio	1	1,5	0,5	1,6	0,8	0,3	1	1	0,5	8,2
	Fibra de Vidrio	1	1,5	0,5	2	1	0,5	1	1,5	0,5	9,5
	Vidrio Espumado	1	2	0,5	1,5	1	0,5	0,7	1,5	0,5	9,2

	Ladrillo Refractario	1	2	0,5	0,5	0,8	0,3	1	1,5	0,5	8,1
<b>Material del cenicero</b>	Acero	1	1,7	0,5	2	1	0,3	0,7	1,5	0,5	9,2
	Hierro Fundido	1	2	0,5	1,5	1	0,5	1	1,5	0,5	9,5
	Aleación de Aluminio y Silicio	0,5	2	0,5	1	1	0,5	1	1,5	0,3	8,3
<b>Material del conducto de humo</b>	acero inoxidable	0,8	2	0,5	1,5	-	0,4	1	1,5	0,5	8,2
	Acero	0,8	2	0,5	2	-	0,4	1	1,3	0,5	8,7
	Cobre	0,85	2	0,5	1,5	-	0,4	1	1,5	0,5	8,25
	alambre de acero	0,6	1	0,5	1,5	-	0,5	0,8	1	0,5	6,4
	Aluminio	0,6	1	0,5	1,5	-	0,5	0,8	1	0,5	6,4
<b>Material de la cámara de vapor</b>	Acero inoxidable	0,8	2	0,5	1,5	-	0,4	1	1,5	0,5	8,2
	Acero	0,8	2	0,5	2	-	0,4	1	1,3	0,5	8,7
	Cobre	0,85	2	0,5	1,5	-	0,4	1	1,5	0,5	8,25

	Alambre de acero	0,6	1	0,5	1,5	-	0,5	0,8	1	0,5	6,4
	Aluminio	0,6	1	0,5	1,5	-	0,5	0,8	1	0,5	6,4
<b>Material de la puerta del cenicero</b>	Acero inoxidable	0,8	2	0,5	1,5	-	0,4	1	1,5	0,5	8,2
	Acero	0,8	2	0,5	2	-	0,4	1	1,3	0,5	8,7
	Cobre	0,85	2	0,5	1,5	-	0,4	1	1,5	0,5	8,25
	Aluminio	0,6	1	0,5	1,5	-	0,5	0,8	1	0,5	6,4
<b>Material de puerta de hogar</b>	Silicato de calcio	1	2	0,5	2	0,8	0,3	1	1	0,5	9,1
	Fibra de vidrio	1	1,2	0,5	1,5	1	0,5	1	1,5	0,5	8,7
	Vidrio espumado	1	2	0,5	1,5	1	0,5	0,7	1,5	0,5	9,2
	Ladrillo refractario	1	2	0,5	2	0,8	0,3	1	1,5	0,5	9,6
	Silicato de calcio	1	2	0,5	2	0,8	0,3	1	1	0,5	9,1

Material de puerta de hogar	Fibra de vidrio	1	1,2	0,5	1,5	1	0,5	1	1,5	0,5	8,7
	Vidrio espumado	1	2	0,5	1,5	1	0,5	0,7	1,5	0,5	9,2
	Ladrillo refractario	1	2	0,5	2	0,8	0,3	1	1,5	0,5	9,6
Tipo de puerta de hogar	Fijas o estacionarias	1	2	0,5	2	1	0,5	1	1	0,5	9,5
	Móviles o rotativas	0,8	2	0,2	1,8	1	0,5	1	1,5	0,5	9,3
Material de puerta de hogar	Hierro fundido	1	2	0,5	1,5	1	0,3	0,9	1,5	0,3	9
	Acero	1	2	0,5	2	1	0,3	0,7	1,5	0,5	9,5
	Aleación de aluminio y silicio	0,5	2	0,5	1	1	0,5	1	1,5	0,3	8,3
Tipo de Puerta de Hogar	Puerta de Doble Pared	0,5	2	0,5	1	1	0,5	1	1,5	0,5	8,5
	Puerta Revestida con Ladrillo Refractario	1	1,5	0,5	2	1	0,5	0,5	1,5	0,5	9
Material de Puerta de Hogar	Acero	1	2	0,5	2	1	0,3	0,7	1,5	0,5	9,5
	Hierro Fundido	1	2	0,5	1,5	1	0,3	0,9	1,5	0,3	9
	Aleación de Aluminio y Silicio	0,5	2	0,5	1	1	0,5	1	1,5	0,3	8,3

Fuente: (Leyva, 2015)

### 3.1.3 Diseño Térmico de la Caldera

#### ➤ PARAMETROS DE DISEÑO

Para iniciar el diseño térmico de esta caldera fueron necesarios los siguientes requerimientos de la turbina.

- Cantidad de vapor por hora (flujo másico)

1414,8 Kg vapor/h.

- Presión máxima de operación

40 bar

#### ➤ Cálculo de la potencia de la caldera

La potencia en HP de caldera, tal como fue establecida en 1889 por la ASME

$$HP_{caldera} = \frac{\mu_g(h-h_f)}{543,4*15,66} \dots \text{Ecuación 20}$$

$\mu_g$  = Flujo másico de vapor producido por la caldera (Kg/h)

$h$  = entalpia de vapor en condiciones de salida (Kcal/Kg)

$h_f$  = entalpia de vapor en condiciones de entrada (Kcal/Kg)

$$HP_{caldera} = \frac{1\ 414,8(767,77-70,49)}{543,4*15,66} \dots \text{Ecuación 21}$$

$$HP_{caldera} = 115,98 \text{ BHP}$$

### 3.1.4 Parámetros de operación

#### ➤ Parámetros para el agua en condiciones estables

La temperatura de operación mínima que se recomienda para el agua de alimentación en las calderas es 70°C, cuando se utiliza agua a temperaturas menores se producen choques térmicos y se fatiga prematuramente al material, acortando la vida útil de la caldera.

- Temperatura de entrada de agua 70°C
- Temperatura de salida del vapor de agua 400°C
- Flujo másico de vapor de agua 1414,8 Kg/h

### 3.1.4.1 Caudal de gases

**Caudal de gases** = caudal de aire + caudal combustible

- **Caudal de combustible**

$\mu_{\sim}$ =caudal del combustible en Kg/h.

$$Q = mC_e(T_f - T_i) \dots \text{Ecuación 22}$$

$$Q = (1\,414,8 * 10^3)g * 4,1813 \frac{J}{g^{\circ}C} * (400 - 70)$$

$$Q = 2\,070,50 MJ$$

Cantidad de Biomasa Requerida CBR ( $\mu_{\sim}$ )

$$\mu_{\sim} = \frac{2\,070,50 MJ}{14,3 MJ}$$

$$\mu_{\sim} = 145,25 Kg/h$$

- **Caudal de aire**

La cantidad de aire requerido para quemar el combustible y los productos resultantes de la combustión pueden ser obtenidos de la siguiente tabla extraída del libro “Calderas Industriales y Marinas del Ing. A. Vargas Z.:

**Tabla 34: Cantidad de aire requerido para quemar el combustible**

Elemento en el Combustible	Kg aire / Kg elemento
<b>Carbono C</b>	15,01
<b>Hidrogeno H</b>	26,07
<b>Azufre S</b>	2.38

**Tabla 35: Composición porcentual de la cascarilla de arroz**

Elemento en la Cascarilla	Porcentaje %
<b>Carbono C</b>	37,6
<b>Hidrogeno H</b>	5,78
<b>Azufre S</b>	0,09

Entonces la cantidad de aire requerida por libra de combustible será igual a:

$$0,376*15,01 + 0,0578*26,07 + 0,0009*1.38 = 7,15 \text{ Kg aire}$$

**Entonces se obtendría:**

145,25 kg combustible \* 7,15kg aire = 1 036,75 kg aire =2 285,64 lb. Aire

Transformamos 2 285,64 Lb de aire a pies cúbicos dividiendo para 0,08071 lb que tiene un pie cúbico, así tenemos un valor de 28 319,17 pies cúbicos en una hora, pero el valor que necesitamos conocer será en minutos por lo dividimos para 60 min. Obteniendo un valor de 471,98 pies cúbicos por minuto (CFM).

Se considera un aire de exceso del 20%

$$V_{\sim} = 471,98 + 20\%$$

$$V_{\sim} = 566,38 \text{ pie}^3/\text{min}$$

$$V_{\sim} = 0,267 \text{ m}^3/\text{s}$$

Es una práctica muy usada unificar el fluido de referencia (agua a 15,6 °C), para establecer los pesos específicos de los fluidos que participan en el diseño. La ecuación de los gases ideales nos ayudará a encontrar el caudal de aire que ingresa:

$$PV_{\sim} = \mu_{\sim}RT \dots \text{Ecuación 23}$$

Dónde:

P = Presión absoluta

$V_{\sim}$  = Volumen de aire

$\mu_{\sim}$  = Masa de aire total

R = Constante (0,287 KJ/Kg°K)

T = Temperatura del líquido de referencia (agua a 15,6°C, 288°K)

Entonces:

P=32,22 cm agua (0,45psi, SEVERNS W.H.)

$$P_{man} = 1000 \text{ Kg/m}^2 * 9,8 \text{ m/s}^2 * 0,3222 \text{ m}$$

$$P = 31158 \text{ Pa}$$

$$P_{abs} = P_{man} + P_{atm}$$

$$P_{abs} = 3158Pa + 101325$$

$$P_{abs} = 104,48 KPa$$

Dónde:

$P_{abs}$  = Presión absoluta

$P_{man}$  = Presión manométrica

$P_{atm}$  = Presión atmosférica

Despejando la ecuación de los gases ideales

$$PV_{\sim} = \mu_{\sim}RT$$

$$\mu_{\sim} = \frac{PV_{\sim}}{RT}$$

$$\mu_{\sim} = \frac{(104,48 KPa)(0,267 m^3/s)}{(0,287 KJ/Kg^{\circ}K) (288^{\circ}K)}$$

$$\mu_{\sim} = 0,33 Kg/s$$

$$\mu_{\sim} = 1215 Kg/h$$

➤ **Caudal del gas = caudal de combustible + caudal de aire**

Caudal de gases = 145 Kg/h

Caudal de aire = 1215 Kg/h

$\mu_{\sim gas} = 1360 Kg/h$

- **Resumen**

- Temperatura entrada de los gases = 1627°C (Temperatura de llama de los productos de combustión)

- Caudal de gases =  $1215 \frac{Kg}{h} = 2678,62 \frac{lb}{h}$

- **Parámetros complementarios**

1 BHP = 33472,4 BTU/h

116 BHP = 3 882 798,4 BTU/h

La cantidad de energía que entregan los gases de combustión será igual a la cantidad de energía que entrega el agua y será igual a la cantidad de energía por cada caballo caldera

$$Q_{gas} = Q_{agua} = BHP_{caldera} \dots \text{Ecuación 24}$$

$Q_{gas}$  = Energía de los gases de combustión

$Q_{agua}$  = Energía que se entrega al agua

$BHP_{caldera}$  = Energía producida por caballo caldera

- **Energía de los gases de combustión**

$$Q_{gas} = \mu_{gas} C_{p_{gas}} (T_e - T_s) \dots \text{Ecuación 25}$$

$\mu_{gas}$  = Caudal de los gases = 1 360 kg/h = 2 998 lb/h

$C_{p_{gas}}$  = Calor específico del gas = 0,320 BTU/lb°F (tabla propiedades de los gases de combustión)

$T_e$  = Temperatura de entrada de los gases = 1527 °C = 2600,6 °F

$T_s$  = Temperatura de los gases de salida

$$Q_{gas} = 3\,882\,798,4 = 2\,998 * 0,320(2960,6 - T_s) \dots \text{Ecuación 26}$$

$$T_s = 1086,63^\circ F = 585^\circ C$$

### 3.1.4.2 Suposición del coeficiente de transferencia de calor $U_D$

Para el prediseño térmico es necesario suponer en primera instancia un coeficiente total de transferencia de calor.

**Tabla 36: Composición porcentual de la cascarilla de arroz**

FLUIDO CALIENTE	FLUIDO FRIO	$U_D$ (BTU/h.pie <sup>2</sup> °F)
gases	agua	2-50
vapor de agua	sustancia orgánica pesada	6-60

Fuente: Procesos de transferencia de calor (Kern, 1999)

En el caso de una caldera el intercambio de calor se da entre los gases de la combustión y el agua, por lo escogemos el parámetro Gases - Agua en el rango de 2 – 50

$$U_D = 5,1 \text{ BTU/h.pie}^2 \text{°F}$$

### 3.1.4.3 Diferencia verdadera de temperatura $\Delta T$

La diferencia de temperatura verdadera o efectiva para ser utilizada en cualquier tipo de intercambiador de calor, se expresa de la siguiente manera:

$$\Delta T = F_T * MLDT$$

De donde:

MLDT: Medida logarítmica de la diferencia de temperaturas

$F_T$ : Factor adimensional de diferencia de temperatura

$$MLDT = \frac{\Delta T_{max} - \Delta T_{min}}{\ln \frac{\Delta T_{max}}{\Delta T_{min}}}$$

De donde:

$\Delta T_{max}$  = Diferencia de temperatura en la terminal caliente

$\Delta T_{min}$  = Diferencia de temperatura en la terminal fría

$T_e$  = Temperatura de entrada de los gases = 1527 °C

$T_f$  = Temperatura de los gases de salida = 585 °C

$T_i$  = Temperatura del agua = 400 °C

$$\Delta T_{max} = T_e - T_i$$

$$\Delta T_{max} = 1527^\circ C - 400^\circ C$$

$$\Delta T_{max} = 1127^\circ C$$

$$\Delta T_{min} = T_f - T_i$$

$$\Delta T_{min} = 585^\circ C - 400^\circ C$$

$$\Delta T_{min} = 185^\circ C$$

Entonces:

$$MLDT = \frac{1127 - 185}{\ln \frac{1127}{185}}$$

$$MLDT = 521^\circ C = 969,8^\circ F$$

### 3.1.4.4 Cálculo de la superficie de calentamiento

La ecuación de Fourier que considera los depósitos de lodos y suciedades en los tubos es:

$$Q = U_D * A * MLDT$$

Dónde:

$$A = \frac{Q}{U_D * MLDT}$$

$$A = \frac{3\,882\,798,4 \text{ BTU/h}}{5,1 \text{ BTU/h.pie}^2\text{°F} * 969\text{°F}}$$

$$A = 785,69.\text{pie}^2$$

### 3.1.4.5 Selección y arreglo de tubos

Utilizaremos tubería de acero sin costura para calderas ASTM A192. Por:

- Excelentes propiedades de transferencia de calor.
- En calderas, sobrecalentadores, horno de refinería y servicios de alta temperatura
- Para tubos de caldera de acero al carbono sin soldadura para servicio de alta presión.

**Figura 2: Tubos de Acero sin Costura ASTM A-192 para Calderas**



Fuente: Eberhardt, extraído de: [http://www.eberhardt-sa.com/prod\\_acero4.html](http://www.eberhardt-sa.com/prod_acero4.html)

- **Longitud**

Las longitudes de los tubos se dan por formulas experimentales, en los que cada una de ellas es una función de la potencia.

$$L = 0,048 * HP_B * 0,3$$

$$L = 0,048 * 116 * 0,3$$

$$L = 2,87 m = 9,4 pie$$

### 3.1.4.6 Numero de tubos

$$N = \frac{A}{L(DE * \pi)}$$

A =Superficie de calentamiento

L = Longitud de tubos

$DE * \pi$  =Superficie (exterior) por lineal ( $pie^2/pie$ )

$$N = \frac{785,69}{9,4 (2/12 * \pi)}$$

$$N = 70,91 tubos$$

$$N_{corregidos} = 70 tubos$$

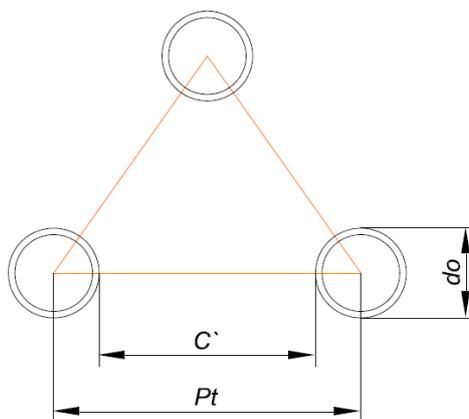
**Figura 3: Dimensiones y presiones de trabajo de tubería de cedula (PIPE) - ASTM A312**

NOMINAL	DIAMETRO		ESPESOR		PRESION/PRUEBA		PESO
	EXTERIOR		e	pulg	kg/cm2	lb/pulg2	kg/m
	mm	pulg	mm				
1/4"	13.70	0.54	3.02	0.11	60	850	0.80
3/8"	17.10	0.37	3.20	0.12	60	850	1.10
1/2"	21.30	0.84	3.73	0.14	60	850	1.62
3/4"	26.70	1.05	3.91	0.15	60	850	2.19
1"	33.40	1.31	4.55	0.17	60	850	3.23
1 1/4"	42.20	1.66	4.85	0.19	134	1900	4.47
1 1/2"	48.30	1.90	5.08	0.20	134	1900	5.41
2"	60.30	2.37	5.54	0.21	176	2500	7.48
2 1/2"	73.00	2.87	7.01	0.27	176	2500	11.41
3"	88.90	3.50	7.62	0.30	176	2500	15.27
4"	114.30	4.50	8.56	0.33	197	2800	22.31
6"	168.30	6.62	10.97	0.43	193	2740	42.56

Fuente: <http://www.dipacmanta.com/tuberia-sin-costura/tc80/tubo-cedula-80>

**Distribución de los tubos en el espejo.**

Los tubos en el espejo deben tener una distribución de triángulo equilátero.



$$d_o = 60,33mm$$

Calculo del Pt

$$Pt = 1,25 * 60,32$$

$$Pt = 75,4 mm$$

Calculo de C'

$$C' = 0,25 * d_o$$

$$C' = 0,25 * 60,33$$

$$C' = 15,08 mm$$

En la distribución de tubos se puede aceptar un error del 5% del diseño

### 3.1.4.7 Corrección de parámetros

- **Área de transferencia de calor**

$$A_{\text{corregidos}} = N_{\text{corregidos}} * L * (DE * \pi) \dots \text{Ecuación 27}$$

$$A_{\text{corregidos}} = 70 * 12,6 * 0,5236$$

$$A_{\text{corregidos}} = 806,76 \text{ pies}^2$$

- **Coefficiente total de transferencia de calor**

$$U_{D\text{Corregida}} = \frac{Q}{(A_{\text{corregidos}} * MLDT)} \dots \text{Ecuación 28}$$

$$U_{D\text{Corregida}} = \frac{3\ 882\ 798,4}{(806,76 * 969,8)}$$

$$U_{D\text{Corregida}} = 4,96 \text{ BTU/h. pie}^2\text{°F}$$

### 3.1.4.8 Coeficiente total de transferencia de calor calculado $U_C$

$$U_C = \frac{1}{\frac{1}{h_0} + \frac{DE}{K_{tubo}} \ln \frac{DE}{DI} + \frac{1}{h_{i0}}} \dots \text{Ecuación 29}$$

- **Lado Tubos: Gases**

- **Propiedades**

Temperatura promedio = 1 153 °C = 2 107°F

$$k_t = 0,05033 \text{ BTU/h.pie}^{2\circ F}$$

$$C_t = 0,3238 \text{ BTU/lb}^\circ F$$

$$\mu_t = 0,04898 \text{ Cpoises}$$

$$\mu_t = 0,04898 * 2,42 \text{ lb/pie.h}$$

- **Área de flujo**

$$a_t = \frac{N_{tubos} * a_{unitaria}}{N_{pasos}} \dots \text{Ecuación 30}$$

$$a_t = \frac{70 * 1,905^2 * \pi}{4 * 2}$$

$$a_t = 114,01 \text{ pulg}^2$$

$$a_t = 0,792 \text{ pie}^2$$

- **Área de flujo**

$$Gt = \frac{\text{Flujo másico}}{\text{area de flujo}} \dots \text{Ecuación 31}$$

$$Gt = \frac{2\ 678 \text{ lb/h}}{0,792 \text{ pie}^2}$$

$$Gt = 3\ 382 \text{ lb/h.pie}^2$$

- **Numero de Reynolds ( $Re_t$ )**

$$Re_t = \frac{DI * Gt}{\mu_t} \dots \text{Ecuación 32}$$

$$Re_t = \frac{(\frac{1,905}{12} \text{pie})(3\,382 \text{lb/h. pie}^2)}{0,1185 \text{lb/h. pie}}$$

$$Re_t = 4\,531$$

- **Numero de Prandtl (Pr<sub>t</sub>)**

$$Pr_t = \frac{C_t * \mu_t}{K_t} \dots \text{Ecuación 33}$$

$$Pr_t = \frac{0,3238 * 0,1185}{0,05033}$$

$$Pr_t = 0,7623$$

- **Numero de Nusselt (Nu<sub>t</sub>)**

$$Nu_t = 0,027 Re_t^{0,8} * Pr_t^{1/3} * \phi_t \dots \text{Ecuación 34}$$

$$Nu_t = 0,027 (4\,531)^{0,8} * (0,7623)^{1/3} \phi_t$$

$$Nu_t = 20,75 \phi_t$$

- **Coefficiente de transferencia de calor interior (h<sub>i</sub>)**

$$Nu_t = \frac{h_i * DI}{k_t} \dots \text{Ecuación 35}$$

$$20,75 \phi_t = \frac{h_i * 0,185}{0,05033}$$

$$\frac{h_i}{\phi_t} = 5,64 \text{ BTU/h. } ^\circ\text{F. pie}^2$$

- **Coefficiente de transferencia de calor interior referido a la superficie exterior del tubo (h<sub>io</sub>)**

$$h_{io} = h_i \frac{DI}{DE} \dots \text{Ecuación 36}$$

$$\frac{h_{io}}{\phi_t} = \frac{h_i}{\phi_t} \frac{DI}{DE}$$

$$\phi_t \approx 1$$

$$h_{io} = 5 \text{ BTU/h. } ^\circ\text{F. pie}^2$$

Coefficiente total de transferencia de calor calculado  $U_C = 4,90 \text{ BTU/h. } ^\circ\text{F. pie}^2$

$$Q_{conv} = U_C * A * MLTD \dots \text{Ecuación 37}$$

$$Q_{conv} = 4,90 * 806,76 * 969,8$$

$$Q_{conv} = 3\,833\,739 \text{ BTU/h}$$

La cantidad de energía total que entregada 116 BHP son 3 882 798,4 BTU/h, y la cantidad de energía calculada por convección  $Q_{conv} = 3\,833\,739 \text{ BTU/h}$

### 3.1.4.9 Cálculo del diámetro del hogar

Para el cálculo del diámetro mínimo del hogar tomaremos como guía los siguientes datos:

- Calor latente del vapor a 40 bar = 2 447,04 KJ/Kg
- Temperatura de saturación = 400°C
- Calor sensible a 400°C = 1697 KJ/Kg
- Temperatura de agua de alimentación = 70°C
- Calor sensible a 70°C = 289 KJ/Kg

- **Calor sensible a ser añadido**

$$Q_a = \text{calor sensible a } 400^\circ\text{C} - \text{calor sensible a } 70^\circ\text{C} \dots \text{Ecuación 38}$$

$$Q_a = 1697 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} - 289 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$Q_a = 1408 \text{ KJ/Kg}$$

- Calor total requerido

$$Q_t = \text{calor sensible añadido} + \text{calor latente...Ecuación 39}$$

$$Q_t = 1408 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} + 2447,04 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$Q_t = 3\,855,04 \text{ KJ/Kg}$$

- Cantidad de vapor

$$C_v = \text{produccion de vapor /hora} * \text{calor total}$$

$$C_v = 1\,414 * 3\,855,04$$

$$C_v = 5,4 * 10^6 \text{ KJ/h}$$

$$C_v = 1,52 \text{ MW}$$

Donde por tabla el tamaño del hogar será de 900 mm

**Tabla 37: Resumen del diseño térmico**

RESUMEN DEL DISEÑO TERMICO	
Coeficiente de transferencia de calor	4,90 Btu/h°F pie <sup>2</sup>
Superficie de calentamiento	806,76 pie <sup>2</sup>
MLTD	521 °C - 969,8 °F
Numero de tubos	70
Numero de Reynolds	4531
Numero de Prandtl	0,7623
Numero de Nusselt	20,75
Cantidad de energía entregada	3 833 739 BTU/h
Diámetro mínimo del hogar	900 mm
Flujo másico	1414,8Kg/h - 3119,1 lb/h
Presión máxima de operación	40 bar - 580 psi
HP caldera	116 HP
Temperatura entrada agua	70°C
Volumen de aire	0,267 m <sup>3</sup> /s - 566,38 CFM
Temperatura de los gases de salida	1 086,63°F - 585°C

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.5 DISEÑO MECÁNICO

Para el diseño mecánico de la caldera se utilizarán las recomendaciones del código ASME (American Society of Mechanical Engineers), sección 8 y 2 de la división 1. Por tratarse de un recipiente sometido a presión por el lado de agua, las juntas por soldadura que se aplicarán durante todo el proceso de construcción se seleccionan del mismo código ASME sección 8.

#### ➤ SELECCIÓN DE MATERIALES

La lámina recomendada por el código para la construcción del casco y de los espejos de la caldera es (SA-285 C), por no existir esta lámina a nivel local y nacional se ha tomado la decisión de construir estas partes en una lámina que cumpla con algunas características técnicas similares a la recomendada llamada plancha naval (ASTM A36 - C), con la siguiente composición química:

**Figura 4: Propiedades de la placa SA-285C tomadas de la norma ASME**

PROPIEDADES DE LA PLACA SA-285 C				
Composición Nominal	Especificación		Resistencia a la tensión. 1000 lb/pulg <sup>2</sup>	Punto de cedencia 1000 lb/pulg <sup>2</sup>
	Número	Grado		
C	SA-515	60	60.0	32.0
APLICACIONES				
Construcción de calderas para servicio estacionario y otros recipientes a presión.				

Fuente: CASIDER

Son aceros para recipientes a presión resistentes al calor. Los aceros en calidad A/SA 285 Gr.C se caracterizan por una buena soldabilidad. Se utilizan sobre todo para la fabricación de calderas, recipientes a presión y tuberías de transporte de líquidos calientes. Asimismo, ofrecen buenas propiedades en altas y bajas temperaturas.

**Figura 5: propiedades de la placa ASTM - A36-C**

PROPIEDADES DE LA PLACA ASTM A36-C				
Composición Nominal	Especificación		Resistencia a la tensión. 1000 lb/pulg <sup>2</sup>	Punto de cedencia 1000 lb/pulg <sup>2</sup>
	Número	Grado		
C	A36	C	58.0	36.0

Fuente: CASIDER

### 3.1.6 Diseño de las partes sometidas a presión

#### 3.1.6.1 Cálculo del espesor del casco

$$t = \frac{PR}{SE + 0,4P}$$

Donde:

P = Presión de diseño o presión máxima de diseño lb/pulg<sup>2</sup>

S = Valor del esfuerzo del material, lb/pulg<sup>2</sup>

E = Eficiencia de la junta

R = Radio exterior, pulgadas

t = Espesor pared, pulgadas

C.A.= Margen por corrosión, pulgadas

P = 40 bar = 580 lb/pulg<sup>2</sup>

S = 12.000 lb/pulg<sup>2</sup> ANEXO 11

E = 0,70 ANEXO 12

R = 24 pulgadas

t = ?

C.A. = 0,125 pulgadas. Margen por corrosión

$$t = \frac{580 \text{ lb/pulg}^2 * 24 \text{ pulg}}{12000 \text{ lb/pulg}^2 + 0,4 * 580 \text{ lb/pulg}^2}$$

$$t = 1,02 \text{ pulg}$$

#### 3.1.6.2 Cálculo del espesor del hogar

$$t = \frac{PR}{SE+0,4P} \dots \text{Ecuación 40}$$

**Datos:**

$$P = 125 \text{ lb/pulg}^2$$

$$S = 12.000 \text{ lb/pulg}^2 \quad \text{ANEXO 11}$$

$$E = 0,70 \quad \text{ANEXO 12}$$

$$R = 10 \text{ pulgadas}$$

$$t = ?$$

$$\text{C.A.} = 0,125 \text{ pulgadas}$$

$$t = \frac{580 \text{ lb/pulg}^2 * 10 \text{ pulg}}{12000 \text{ lb/pulg}^2 + 0,4 * 580 \text{ lb/pulg}^2} + 0,125$$

$$t = 0,44 \text{ pulg}$$

Aproximadamente 0,50 pulg .de espesor

**3.1.6.3 Espesor de los espejos**

$$t = d * \sqrt{CP/SE}$$

E = Eficiencia de la junta

P = Presión de diseño lb / pulg<sup>2</sup>

d = Diámetro interior del casco, pulg.

S = Valor máximo del esfuerzo permitido del material lb / pulg<sup>2</sup>

t = Espesor mínimo requerido de la placa pulg

C = Coeficiente mínimo establecido en ASME UG-34 = 0,020

$$t = d * \sqrt{CP/SE}$$

$$t = 48 * \sqrt{0,02 * 580 / 15000 * 0,7}$$

$$t = 1,18 \text{ pulg}$$

### 3.1.6.4 Chimenea

Se va a tener en cuenta paara el cálculo de la chimenea el dato inicial la relación al diámetro de la salida de los gases de combustión (chimenea), lo cual nos facilitará el cálculo de la altura mínima de la misma.

$$\frac{d}{H} = \frac{1}{25}$$

Donde

H = altura

d = diámetro (400 mm)

$$\frac{400}{H} = \frac{1}{25}$$

$$H = 10 \text{ m}$$

### 3.1.6.5 Tanques De Agua De Alimentación

Como la generación de vapor en una caldera depende directamente de la cantidad que se suministra a esta, es recomendable que la cantidad de agua de reserva y la capacidad del tanque de alimentación almacenen una cantidad mínima de agua suficiente para sostener la evaporación en la caldera. (Leyva, 2015).

Generalmente se sabe que para satisfacer la demanda de agua de un caballo caldera se requieren 0,261 litros por minuto.

Por lo tanto, una caldera de 116 BHP evaporará:

$$116 \text{ BHP} \times 0,261 \text{ Lt/min BHP} = 30,27 \text{ lt/min.}$$

Si la reserva mínima de agua deberá satisfacer la evaporación en la caldera durante 20 minutos, por lo tanto la reserva mínima total será:

$$30,27 \text{ lt/min} \times 20 \text{ min} = 605 \text{ litros.}$$

Por otra parte, el tanque de almacenamiento no deberá nunca estar 100% lleno, sino que es recomendable que éste se encuentre siempre solamente con un nivel de agua que cubra el 70% de la capacidad del tanque. Esto significa que la reserva mínima de agua deberá ser determinada conforme a la siguiente relación:

Reserva mínima de agua

$$605/0,7 = 860 \text{ litros.}$$

### **Características de la caldera de vapor de 116 BHP**

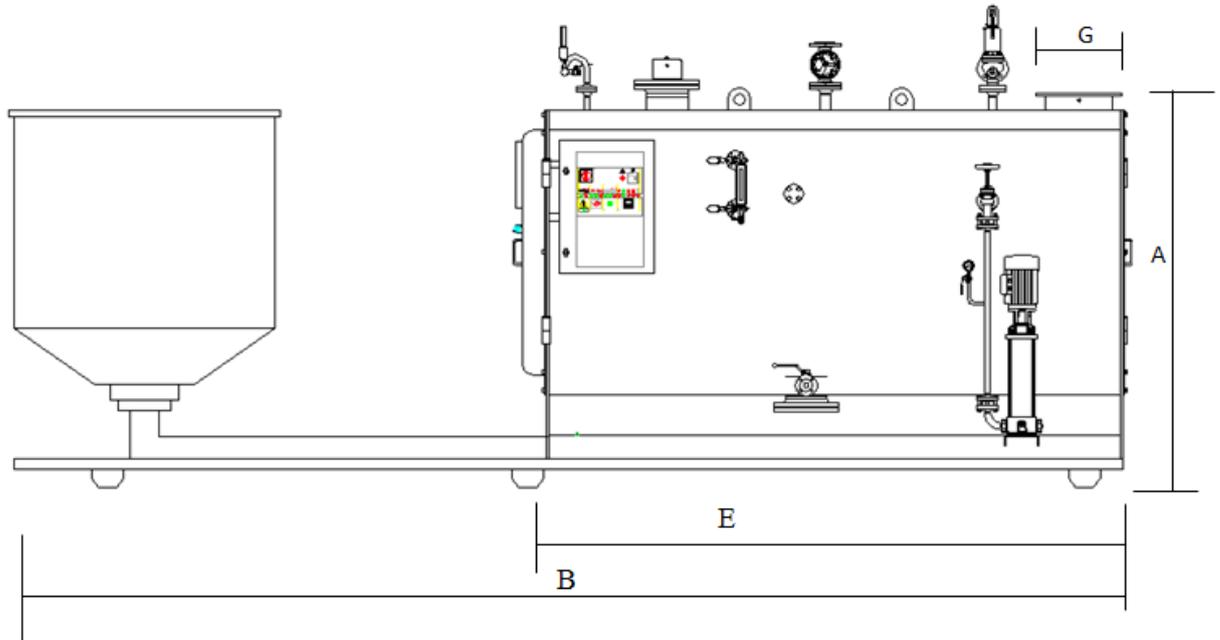
Debido al análisis realizado se podido demostrar que los valores no varían mucho de la caldera diseñada por ATTSU de 116 BHP

#### **Ecuación 41: Dimensionamiento de la caldera**

Caldera modelo	RL-1.500
PRODUCCION DE VAPOR	1 500 Kg/h
Potencia térmica	116 BHP
Consumo de biomasa	150 Kg
Peso de transporte	3,3 Tn
Dimensiones	
A	2000 mm
B	6100 mm
C	1850 mm
E	3200 mm
F	1650 mm
G	350 MM

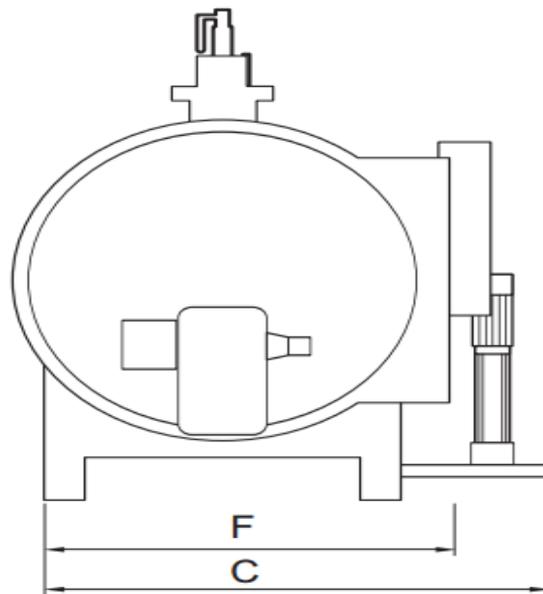
Fuente:ATTSU

**Figura 6: Vista frontal de la caldera pirotubular**



Fuente: (Leyva, 2015).

**Figura 7: Vista lateral de la caldera pirotubular**



Fuente: (Leyva, 2015)

### 3.1.6.6 Cálculo de Cantidad del Flujo del Vapor

#### ➤ Volumen Total de los Gases de Combustión

$$V_g = V_{gs} + V_{H_2O} \dots \text{Ecuación 42}$$

$$V_g = 4,9 \text{ m}^3/\text{kg} + 0,84 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$V_g = 5,74 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Dónde:

$V_{gs}$  = Volumen de gases de combustión seco.  $\text{m}^3/\text{kg}$

$V_{H_2O}$  = Volumen de vapor de agua en los gases de combustión.  $\text{m}^3/\text{kg}$

#### ➤ Volumen de los gases Biatómicos

$$V_{N_2} = 0,79 * \alpha + 0,8 * \frac{N}{100}$$

$$V_{N_2} = 0,79 * 1,2 + 0,8 * \frac{1,88}{100}$$

$$V_{N_2} = 0,96 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Dónde:

$\alpha$  = Coeficiente de exceso de aire C

N = Es el contenido de Nitrogeno en el combustible. %C

#### ➤ Volumen de los gases Triatómicos

$$V_{RO_2} = 0,0187(C + 0,375 * S)$$

$$V_{RO_2} = 0,0187 (37,6 + 0,375 * 0,09)$$

$$V_{RO_2} = 0,7 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Dónde:

C = Es el contenido de carbono en el combustible. %

S = Es el contenido de azufre en el combustible. %

➤ **Volumen de Oxígeno en los Gases de Combustión**

$$V_{O_2} = 0,21 (\alpha - 1)V_0$$

$$V_{O_2} = 0,21 (1,2 - 1)3,64 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$V_{O_2} = 0,15 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Dónde:

$\alpha$  = Coeficiente de exceso de aire

$V_0$  = Volumen teórico de aire.  $\text{m}^3/\text{kg}$

➤ **Volumen de Dióxido de Carbono en los Gases de Combustión**

$$V_{CO_2} = 0,0187 * C$$

$$V_{CO_2} = 0,0187 * 37,60$$

$$V_{CO_2} = 0,70 \text{ m}^3/\text{kg}$$

➤ **Volumen de Dióxido de Azufre en los Gases de Combustión**

$$V_{SO_2} = 0,0187 * 0,0375 * S$$

$$V_{SO_2} = 0,0187 * 0,0375 * 0,09$$

$$V_{SO_2} = 6,3 * 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$$

Dónde:

S = Es el contenido de azufre en el combustible. %

➤ **Peso Molecular de los Gases de Combustión**

$$M_g = \frac{V_{RO_2}M_{RO_2} + V_{H_2O}M_{H_2O} + V_{N_2}M_{N_2} + V_{O_2}M_{O_2}}{V_g} \dots \text{Ecuación 43}$$

$$M_g = \frac{0,7 \text{ m}^3/\text{kg} * 44 + 0,84 \text{ m}^3/\text{kg} * 18 + 0,96 \text{ m}^3/\text{kg} * 28 + 0,15 \text{ m}^3/\text{kg} * 32}{5,74 \text{ m}^3/\text{kg}}$$

$$M_g = 13,52 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Dónde:

$V_{RO_2}$  = Volumen de los gases triatomicos.  $m^3/kg$

$M_{RO_2}$  = Peso molecular de los gases triatomicos

$V_{H_2O}$  = Volumen de vapor de agua en los gases de combustión

$M_{H_2O}$  = Peso molecular del agua

$V_{N_2}$  = Volumen de Nitrogeno en los gases de combustión

$M_{N_2}$  = Peso molecular del nitrogeno

$V_{O_2}$  = Volumen de oxigeno en los gases de combustión

$M_{O_2}$  = Peso molecular del oxigeno

$V_g$  = Volumen total de los productos de combustión

➤ **Cálculo de las Fracciones**

$$f_{RO_2} = \frac{V_{RO_2}}{5,74}$$

$$f_{RO_2} = \frac{0,7 m^3/kg}{5,74 m^3/kg} = 0,122$$

$$f_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{5,74}$$

$$f_{H_2O} = \frac{0,84 m^3/kg}{5,74 m^3/kg} = 0,15$$

$$f_{N_2} = \frac{V_{N_2}}{V_g}$$

$$f_{N_2} = \frac{0,96 m^3/kg}{5,74 m^3/kg} = 0,167$$

$$f_{O_2} = \frac{V_{O_2}}{V_g}$$

$$f_{O_2} = \frac{0,15 m^3/kg}{5,74 m^3/kg} = 0,026$$

➤ **Densidad de los Gases de Combustión**

$$\rho_g = \frac{P_{atm} M_g}{R_u T_g}$$

$$\rho_g = \frac{101,325 * 13,52}{8314 * 150}$$

$$\rho_g = 1,098 * 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

Dónde:

$\rho_g$  = Densidad de los gases de combustión

$P_{atm}$  = Presión atmosférica

$M$  = Peso molecular del combustible kg/kmol

$R_u$  = Constante universal de los gases 8314 J/ (kmol – k)

$T_g$  = Temperatura de los gases de combustion K

➤ **El Calor Específico De Los Gases De Combustión**

$$C_p = a + b * T^{-1} + c * T^{-2} + d * T^{-3} \dots \text{Ecuación 44}$$

**Tabla 38: Tabla de calor específico de los gases de combustión**

COMPUESTO	A	B x10 <sup>-2</sup>	C x10 <sup>-5</sup>	D x10 <sup>-9</sup>	INTERVALO KELVIN	ERROR MEDIO
Dióxido de carbono	5,316	1,4285	-0,8362	1,784		0,22
Vapor de agua	7,700	0,04594	0,2 521	-0,8587		0,24
Nitrógeno	6,903	-0,03753	0,193	-0,6861	273-1800	0,34
Oxígeno	6,085	0,3631	-0,1709	0,3133		0,28

Fuente: (Leyva, 2015)

La capacidad calorífica se encuentra en unidades molares consistentes y la temperatura en K, luego basta multiplicar las constantes a, b, c y d por el factor 4.186 KJ/Kcal con esto estaríamos encontrando la ecuación del “cp” de cada elemento en unidades KJ/ (kg mol K°).

$$C_{pCO_2} = 5,316 \left(4,186 \frac{\text{kJoule}}{\text{Kcal}}\right) + 1,4285 \times 10^{-2} * \left(4,186 \frac{\text{kJoule}}{\text{Kcal}}\right) * 423^{-1} - 0,8362 \times 10^{-5} * \left(4,186 \frac{\text{kJoule}}{\text{Kcal}}\right) * 423^{-2} + 1,784 \times 10^{-9} * \left(4,186 \frac{\text{kJoule}}{\text{Kcal}}\right) * 423^{-3}$$

$$C_{pCO_2} = 22,253 \frac{\text{kJoule}}{\text{kgmol K}^\circ}$$

$$C_{pH_2O} = 7,700 \left(4,186 \frac{\text{kJoule}}{\text{Kcal}}\right) + 0,04594 \times 10^{-2} * \left(4,186 \frac{\text{kJoule}}{\text{Kcal}}\right) * 423^{-1} + 0,2521 \times 10^{-5} * \left(4,186 \frac{\text{kJoule}}{\text{Kcal}}\right) * 423^{-2} - 0,8587 \times 10^{-9} * \left(4,186 \frac{\text{kJoule}}{\text{Kcal}}\right) * 423^{-3}$$

$$C_{pH_2O} = 32,22 \frac{\text{kJoule}}{\text{kgmol K}^\circ}$$

$$C_{pN_2} = 6,903 \left(4,186 \frac{\text{kJoule}}{\text{Kcal}}\right) - 0,03753 \times 10^{-2} * \left(4,186 \frac{\text{kJoule}}{\text{Kcal}}\right) * 423^{-1} + 0,193 \times 10^{-5} * \left(4,186 \frac{\text{kJoule}}{\text{Kcal}}\right) * 423^{-2} - 0,6861 \times 10^{-9} * \left(4,186 \frac{\text{kJoule}}{\text{Kcal}}\right) * 423^{-3}$$

$$C_{pN_2} = 29,87 \frac{\text{kJoule}}{\text{kgmol K}^\circ}$$

$$C_{pO_2} = 6,085 \left(4,186 \frac{\text{kJoule}}{\text{Kcal}}\right) + 0,3631 \times 10^{-2} * \left(4,186 \frac{\text{kJoule}}{\text{Kcal}}\right) * 423^{-1} - 0,1709 \times 10^{-5} * \left(4,186 \frac{\text{kJoule}}{\text{Kcal}}\right) * 423^{-2} + 0,3133 \times 10^{-9} * \left(4,186 \frac{\text{kJoule}}{\text{Kcal}}\right) * 423^{-3}$$

$$C_{pO_2} = 26,12 \frac{\text{kJoule}}{\text{kgmol K}^\circ}$$

➤ **Calor Especifico de los Gases de los Gases de Combustión**

$$C_{p-g} = f_{RO_2} C_{pCO_2} + f_{H_2O} C_{pH_2O} + f_{N_2} C_{pN_2} + f_{O_2} C_{pO_2} \dots \text{Ecuación 45}$$

$$C_{p-g} = 0,122 * 22,253 + 0,15 * 32,232 + 0,167 * 29,87 + 0,026 * 25,472$$

$$C_{p-g} = 14,04 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

➤ **Calor Específico Molar de los Gases de Combustión**

$$C_{pg} = \frac{C_{p-g}}{M_g} \dots \text{Ecuación 46}$$

$$C_{pg} = \frac{14,04 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}}{13,52 \text{ m}^3/\text{kg}}$$

$$C_{pg} = 1,04$$

Dónde:

$$C_{p-g} = \text{Calor específico de los gases de combustión} \frac{\text{J}}{\text{mol} - \text{K}}$$

$$M_g = \text{Peso molecular de los gases de combustión} \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$$

### 3.1.7 Cálculo de la Eficiencia de La Caldera

#### 3.1.7.1 Cálculo de Pérdida por los gases de Combustión

$$Q_2 = \frac{V_g C_{Pg} \rho_g (T_{gases} - T_{amb})}{VCI} \times 100 \dots \text{Ecuación 47}$$

$$Q_2 = \frac{5,74 \times 97,56 \times 1,098 \times 10^{-3} (150 - 20)}{14 \ 311,295} \times 100$$

$$Q_2 = 5,62$$

Donde:

$V_g$  = Volumen total de los productos de combustión

$C_{pg}$  = La capacidad calorífica volumétrica media de los gases a presión cte

$\rho_g$  = Densidad de los gases de combustión en  $\frac{kg}{m^3}$

$T_{gases}$  = Temperatura de los gases de escape enK

$T_{ambiente}$  = Temperatura del medio ambiente enK

VCI = Poder calorifico inferior kJ/kg

### 3.1.7.2 Cálculo Por Incombustión Química

$$Q_3 = \frac{237 (C + 0.375 * S)CO}{(RO_2 + CO)PCI}$$
$$Q_3 = \frac{237 (37,6 + 0,375 * 0,09)0,2}{(0,7 + 0,2)14 311,295}$$
$$Q_3 = 0,14$$

Donde:

C, S = Es el cotenido de carbono y azufre en el combustible. %

CO = Es el contenido de monóxido cabónico en los gases de escape. %

RO<sub>2</sub> = Es el cotenido de CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> en los gases de escape. %

VCI = Poder calorifico inferior kJ/kg

### 3.1.7.3 Cálculo Por Combustión Mecánicamente Incompleta

$$q_4 = \frac{327 * A}{VCI} \left[ a_{res} * \frac{C_{res}}{100 - C_{res}} + a_{arr} * \frac{C_{arr}}{100 - C_{arr}} \right] x 100 \dots \text{Ecuación 48}$$

$$q_4 = \frac{327 * 16,93}{14 311,295} \left[ 0,89 * \frac{6,34}{100 - 6,34} + 0,11 * \frac{55,3}{100 - 55,3} \right] x 100$$
$$q_4 = 7,66$$

Donde:

A = Es el cotenido de cenizas en el combustible. %

VCI = Poder calorifico inferior kJ/kg

$a_{res}$ ,  $a_{arr}$ =las porciones de ceniza contenidas en la escoria, caídas a través de la parrilla y arrastradas, respecto de todas las cantidades de ceniza introducida en hogar con el combustible %

$C_{res}$ ,  $C_{ar}$ =el contenido de elementos combustibles en la escoria, caídos a través de la parrilla y arrastrados por el gas de escape. %

### 3.1.7.4 Pérdidas por Radiación y Conducción

$$Q_5 = \frac{h_{rad+conv} \times \sum A_{paredes} (T_{paredes} - T_{amb})}{1000 B_c VCI} \dots \text{Ecuación 49}$$

$$Q_5 = \frac{11,5 \times 64(318 - 293)}{1000 \times 0,2 \times 14311,295}$$

$$Q_5 = 0,06$$

Dónde:

$h_{rad+conv}$  = Coeficiente de transferencia de calor por radiación y conducción

$\sum A_{paredes}$  = Área total de paredes de la caldera.  $m^2$

$T_{paredes}$  = Temperatura de las paredes. K

$T_{amb}$  = Temperatura del medio ambiente. K

$B_c$  = Flujo de combustible.  $\frac{kg}{s}$

VCI = Poder calorífico inferior kJ/kg

#### Coeficiente de Transferencia de Calor por Radiación y Conducción

$$h_{rad+conv} = 9,5 + 0,08 * (T_{paredes} - T_{amb}) \dots \text{Ecuación 50}$$

$$h_{rad+conv} = 9,5 + 0,08 * (318K - 293K)$$

$$h_{rad+conv} = 11,51$$

Dónde:

$h_{rad+conv}$  = Coeficiente de transferencia de calor por radiación y conducción

$T_{\text{paredes}}$  = Temperatura de las paredes. K

$T_{\text{amb}}$  = Temperatura del medio ambiente. K

### 3.1.7.5 Pérdidas por Cenizas

$$Q_6 = \frac{a_{\text{res}} A C_{p_{\text{cen}}} (T_{\text{cen}} - T_{\text{amb}})}{VCI} \dots \text{Ecuación 51}$$

$$Q_6 = \frac{0,89 * 16,93 * 2,5 * (923,16 - 293)}{14\ 311,295}$$

$$Q_6 = 1,66$$

Dónde:

A = Es el contenido de cenizas en el combustible. %

$a_{\text{res}}$  = Las porciones de cenizas contenidas en la escoria. %

$C_{p_{\text{cen}}}$  = La capacidad calorífica de la escoria.  $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}}$

$T_{\text{cen}}$  = Temperatura de la escoria. K

$T_{\text{amb}}$  = Temperatura del medio ambiente. K

VCI = Poder calorífico inferior kJ/kg

### 3.1.7.6 Eficiencia de la Caldera

$$\eta_{\text{caldera}} = 100 - Q_2 - Q_3 - Q_4 - Q_5 - Q_6$$

$$\eta_{\text{caldera}} = 100 - 5,62 - 0,14 - 7,66 - 0,06 - 1,66$$

$$\eta_{\text{caldera}} = \mathbf{84,86\%}$$

Dónde:

$Q_2$  = Cálculo de pérdida por los gases de combustión. %

$Q_3$  = Cálculo de pérdida por incombustión química. %

$Q_4$  = Cálculo de pérdidas por combustión mecánicamente incompleta. %

$Q_5$  = Cálculo de pérdida por radiación y conducción. %

$Q_6$  = Cálculo de pérdida por cenizas. %

### 3.1.8 Selección de la turbina

#### ➤ Campos de aplicación típicos de la serie SST-040

- La recuperación de residuos al calor, por ejemplo, detrás de los motores de gas y motores de biogás
- Pequeñas plantas de cogeneración
- Instalaciones solares descentralizados

#### ➤ Características de la turbina SST-040

- Turbina de contrapresión o condensación
- Modelo del paquete, dispositivo de lubricación integrado en el bastidor de base
- Pequeño, ligero y compacto: apenas 4.500 kg aprox. de peso total
- Construcción resistente y robusta, – prácticamente libre de mantenimiento
- Alta disponibilidad gracias a una técnica resistente y segura
- Arranque rápido sin calentamiento previo de la turbina
- Económica por sus componentes experimentados
- Posee una salida de 380V en el generador.

**Tabla 39: Características de la turbina a utilizar en este proyecto**

<b>SST-040 SERIE TURBINA DE VAPOR</b>	
Potencia de salida	Hasta 300 kW
La presión del vapor de entrada	40 bar
La temperatura del vapor de entrada	Vapor saturado seco a 400°C
La presión de escape	7 Bar de condensación
Dimensiones	1,5 x 2,5 x 2,0 m (ancho x largo x alto)

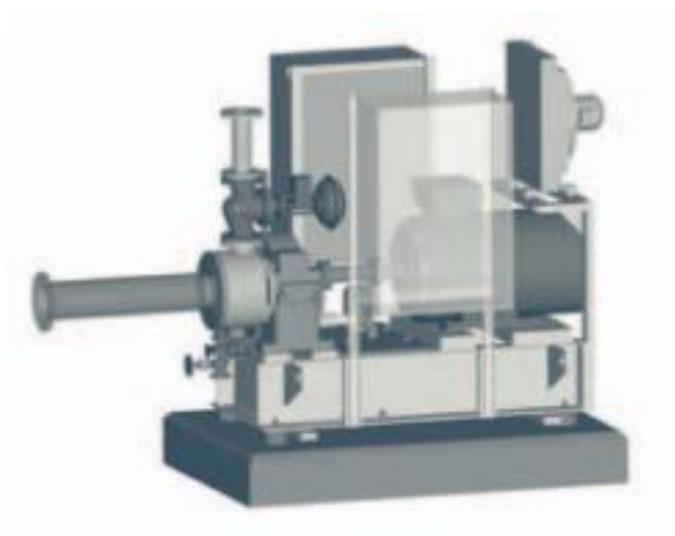
Fuente: Catálogo de SIEMENS

**Figura 8: Turbina SST-040**



Fuente: Catálogo de SIEMENS

**Figura 9: Turbina SST-040 Acoplada al Generador**



Fuente: Catálogo de SIEMENS

### 3.1.8.1 Cálculo de la biomasa requerida

Para abastecer los requerimientos de los molinos de 300 KW. Se empieza por calcular la masa de agua necesaria para lograr la potencia requerida, para esto se tiene en cuenta los datos de entrada de la turbina de 400°C de temperatura y 40 bar de presión. (Leyva, 2015).

A estas condiciones la entalpia y la entropía son las siguientes:

- $h = 3\,213,6 \text{ KJ/Kg}$  (Anexo 05)
- $s = 6,769 \text{ KJ/Kg } ^\circ\text{K}$  (Anexo 05)

Se calcula mediante la ecuación de la calidad de vapor para impedir que la turbina se dañe por gotas de agua, a 100 °C y 1atm.

$$X_e = \frac{s - s_{f-100^\circ\text{C}}}{s_{fg-100^\circ\text{C}}} \dots \text{Ecuación 52}$$

- $s_f = 1,3069 \text{ KJ/Kg } ^\circ\text{K}$  (Anexo 04)
- $s_{fg} = 6,048 \text{ KJ/Kg } ^\circ\text{K}$  (tabla 04)

$$X_e = \frac{6,769 - 1,3069}{6,048} = 0,903$$

$$h_e = h_{f-100^\circ\text{C}} + X_e(h_{fg-100^\circ\text{C}})$$

$$h_e = 419,17 + (0,9 * 2257,06)$$

$$h_e = 2\,451,05 \text{ KJ/Kg}$$

➤ **Flujo total de vapor de agua que debe circular por la turbina para generar 300KW**

$$W_T = \dot{m}(h_f - h_e) \dots \text{Ecuación 53}$$

$$\dot{m} = \frac{W_T}{(h_f - h_e)}$$

$$\dot{m} = \frac{300KW}{\left(3\,213,6 \frac{KJ}{Kg} - 2\,451,05 \frac{KJ}{Kg}\right)}$$

$$m_{total\ hora} = 1,97 \frac{Kg}{s}$$

$$m_{total\ hora} = 1414,8 \frac{Kg}{h}$$

Se encuentra la energía necesaria para calentar el agua a dicha temperatura:

$$Q = mC_e(T_f - T_i)$$

$$Q = (1\,414,8 * 10^3)g * 4,1813 \frac{J}{g\ ^\circ C} * (400 - 50)$$

$$Q = 2\,070,50 MJ$$

➤ Cantidad de Biomasa Requerida CBR

$$CBR = \frac{2\,070,50 MJ}{14,3 MJ}$$

$$CBR = 144,79 Kg/h$$

### 3.1.9 Selección del transformador

Para seleccionar el transformador se va a tener en cuenta el voltaje de entrada, el voltaje de salida y la suma de las potencias de los transformadores de los molinos de arroz de la provincia de Jaén.

Teniendo en cuenta que las sumas de las potencias de los transformadores de los molinos de Jaén suman un total de 275 kVA, se va a elegir un transformador con una potencia de 400 kVA. Pensando que en un futuro la producción de la central termoeléctrica aumente.

El voltaje de entrada en el transformador a seleccionar será de 380V ya que es el voltaje de salida del generador. Elevando el voltaje a 22.9 kVA, ya que es el voltaje de entrada de todos los transformadores de los molinos de arroz.

Transformadores de distribución trifásicos sumergidos en aceite, con una variación de temperatura de 65°C sobre la del ambiente, cumpliendo las prescripciones de la norma IEC 60076, NTP/IEC 60076-1, ANSI.

➤ Aplicaciones

- Sistemas aéreos y subestaciones convencionales de distribución
- Sector eléctrico, industria, pesquera, minería, centros comerciales.

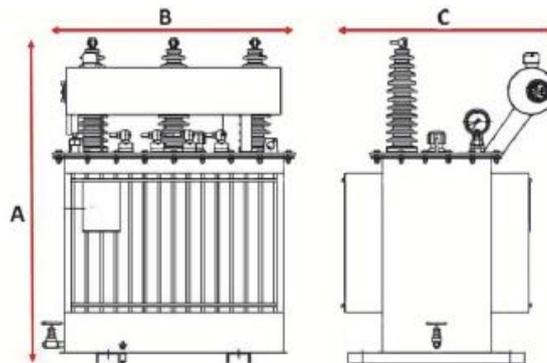
**Tabla 40: Características del transformador**

Potencia	400 kVA
Voltaje Máximo	34,5kV
Frecuencia	60 - 50 Hz.
Medio de refrigeración	Aceite
Altitud	≤ 5000 m.s.n.m
Factor de potencia	0.85
Eficiencia	95 %

Fuente: Catálogo de PROMELSA, substraído de

[http://www.promelsa.com.pe/pdf/fitec\\_trans\\_trifasico.pdf](http://www.promelsa.com.pe/pdf/fitec_trans_trifasico.pdf)

**Figura 10: Dimensiones y peso del transformador**

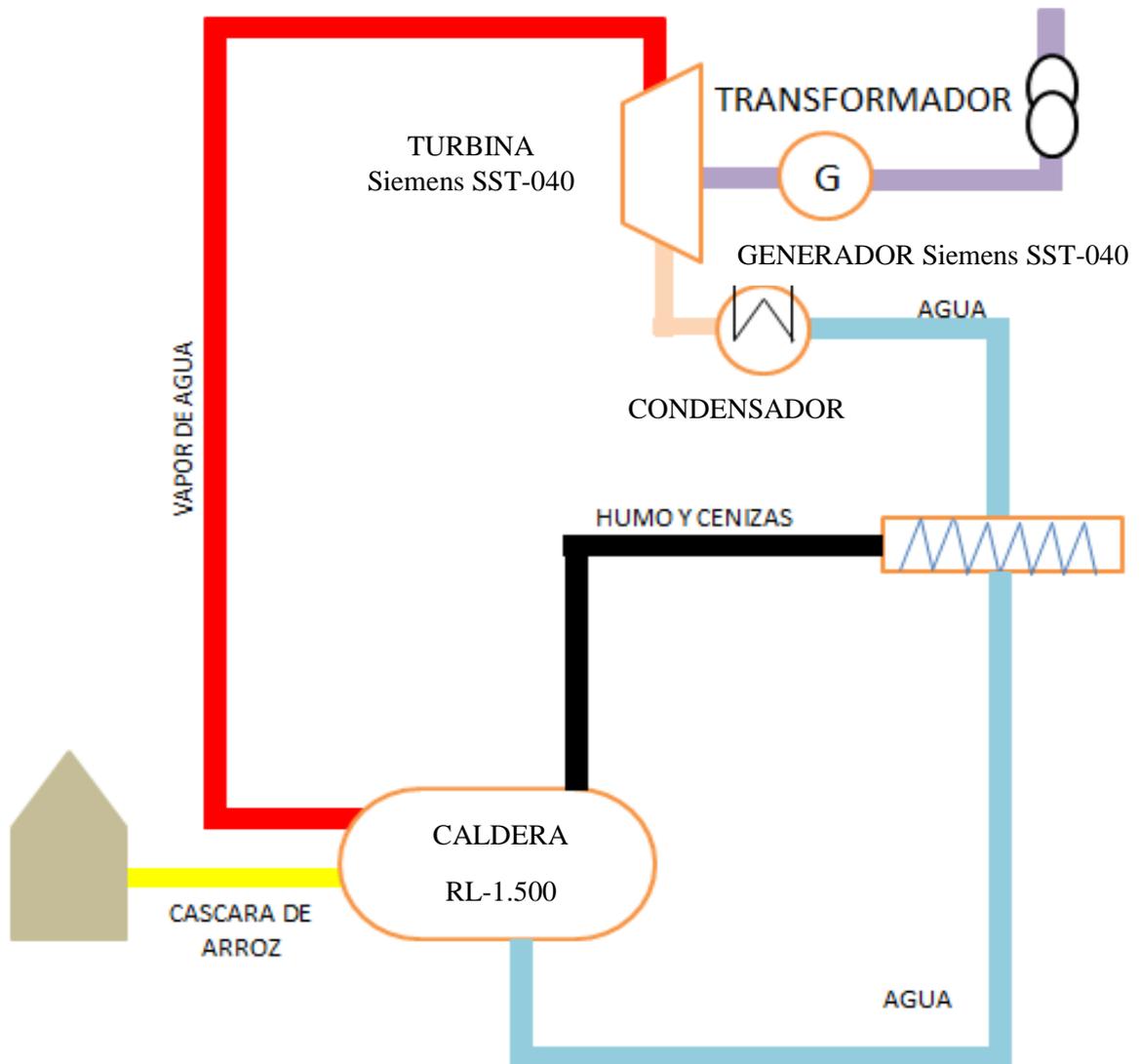


Potencia kVA	A(mm)	B(mm)	C(mm)	Peso (kg)
400	1320	1180	870	1400

Fuente : Catálogo de PROMELSA, substraído de:

[http://www.promelsa.com.pe/pdf/fitec\\_trans\\_trifasico.pdf](http://www.promelsa.com.pe/pdf/fitec_trans_trifasico.pdf)

**Figura 11: Diagrama del Sistema de Generación de Electricidad a Implementar**



Fuente: (Leyva, 2015).

### 3.1.10 Ubicación Geográfica del proyecto

El proyecto se va a realizar en la Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca. La provincia de Jaén es una de las trece que conforman el departamento de Cajamarca, en el Norte del Perú. Tiene una ubicación estratégica e historia, su producción y dinamismo económico está basada en la agricultura, el comercio, la exportación de café, entre otros.

#### Límites

**Norte:** Provincia de San Ignacio.

**Sureste y sur:** Provincia de Cutervo.

**Suroeste:** Provincia de Ferreñafe y Lambayeque

**Este:** Provincia de Bagua y Utcubamba

**Oeste:** Provincia de Huancabamba.

**Figura 12: Vista frontal de la provincia de Jaén**



**Fuente:** Google Earth

Latitud: -5.7072902

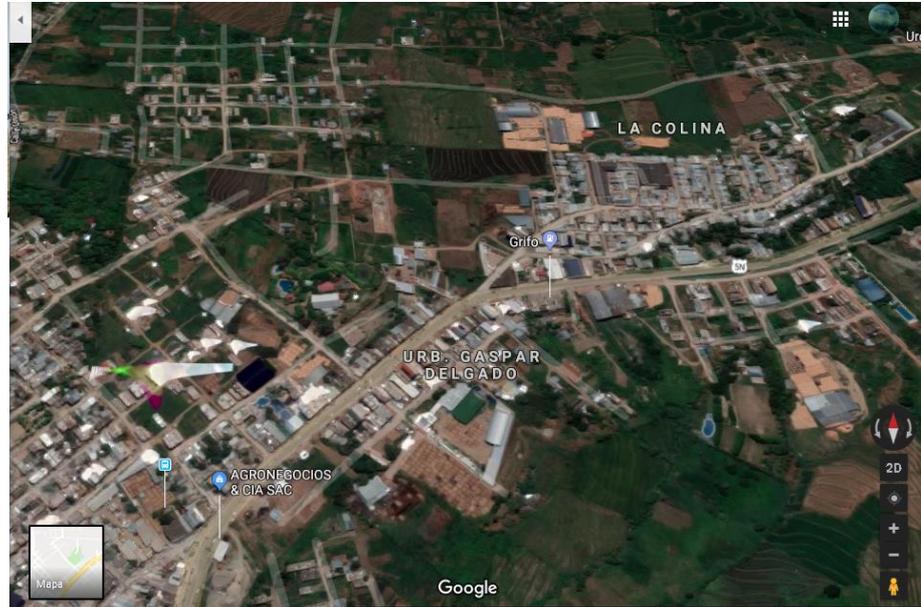
Longitud: -78.8078537

Altitud: 729 m.s.n.m.

➤ **Ubicación de la zona a desarrollarse el proyecto**

Toda la zona a desarrollarse el proyecto se encuentra ubicado en la provincia de Jaén, salida a la ciudad de San Ignacio.

**Figura 13: Delimitación del proyecto**



**Fuente:** Google Earth

**Tabla 41: Coordenadas del proyecto**

<b>COORDENADAS</b>			
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>ALTURA(m.s.n.m)</b>
<b>C - T</b>	743350,31	9370633,62	718
<b>A</b>	743154,62	9370112,66	729
<b>B</b>	743538,31	9370280,32	720
<b>C</b>	743767,13	9370108,95	718
<b>D</b>	743459,9	9370608,34	718
C- T: Central Termoeléctrica			
A: Molino Nueva Villa			
B: Molino el Agricultor			
C: Molino el Sol			
D: Molino los Cocos			

**Fuente:** Elaboración propia

### **3.1.11 BASES DE CÁLCULO**

El cálculo de la Líneas Primaria deberá cumplir con las siguientes normas y disposiciones legales:

En la elaboración de estas bases se han tomado en cuenta las prescripciones de las siguientes normas:

- Código Nacional de Electricidad.
- Ley de Concesiones Eléctricas N° 25844
- Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas N° 25844
- Normas DGE/MEM vigentes,
- Especificaciones Técnicas para la Electrificación Rural de la DGE/MEM vigentes.
- Resoluciones Ministeriales (relativo a Sistemas Eléctricos para tensiones entre 1 y 36 kV- Media Tensión), vigentes.

En forma complementaria, se han tomado en cuenta las siguientes normas internacionales:

- REA (RURAL ELECTRIFICATION ASSOCIATION)
- U.S. BUREAU OF RECLAMATION - STANDARD DESIGN
- VDE 210 (VERBAND DEUTSCHER ELECTROTECHNIKER)
- EEE (INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS)
- CIGRE (CONFERENCE INTERNACIONAL DES GRANDS RESSEaux ELECTRIQUES)
- NORMA BRASILEÑA DE LINEAS DE TRANSMISIÓN
- ANSI (AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE)
- IEC (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION)

### **3.1.12 DISTANCIA VERTICAL MÍNIMA ENTRE CONDUCTORES DE UN MISMO CIRCUITO A MITAD DE VANO:**

Según la Norma DGE

- Para vanos hasta 100 m : 0,70 m
- Para vanos entre 101 y 350 m : 1,00 m

- Para vanos entre 350 y 600 m : 1,20 m
- Para vanos mayores a 600 m : 2,00 m

Según la Norma DGE En estructuras con disposición triangular de conductores, donde dos de éstos estén ubicados en un plano horizontal, sólo se tomará en cuenta la separación horizontal de conductores si es que el conductor superior central se encuentra a una distancia vertical de 1,00 m o 1,20 m (Según la longitud de los vanos) respecto a los otros 2 conductores:

En líneas con conductor neutro, deberá verificarse, adicionalmente, la distancia vertical entre el conductor de fase y el neutro para la condición sin viento y máxima temperatura en el conductor de fase, y temperatura en la condición PDC (Parámetros de la catenaria) en el conductor neutro. En esta situación la distancia vertical entre estos dos conductores no deberá ser inferior a 0,50 m. Esta verificación deberá efectuarse, también, cuando exista una transición de disposición horizontal a disposición vertical de conductores con presencia de conductor neutro.

### **3.1.13 DISTANCIA MÍNIMAS DEL CONDUCTOR A LA SUPERFICIE DEL TERRENO**

Según la Norma DGE

- En lugares accesibles sólo a peatones 5,0 m
- En laderas no accesibles a vehículos o personas 3,0 m
- En lugares con circulación de maquinaria agrícola 6,0 m - A lo largo de calles y caminos en zonas urbanas 6,0 m
- En cruce de calles, avenidas y vías férreas 7,0 m

#### **Notas:**

- Las distancias mínimas al terreno consignadas en el numeral 3.9 son verticales y determinadas a la temperatura máxima prevista, con excepción de la distancia a laderas no accesibles, que será radial y determinada a la temperatura en la condición PDC (Parámetros de la catenaria) y declinación con carga máxima de viento.
- Las distancias sólo son válidas para líneas de 22,9 y 22,9/13,2 kV.
- Para propósitos de las distancias de seguridad sobre la superficie del terreno, el conductor neutro se considera igual en un conductor de fase.
- En áreas que no sean urbanas, las líneas primarias recorrerán fuera de la franja

de servidumbre de las carreteras. Las distancias mínimas del eje de la carretera al eje de la línea primaria serán las siguientes:

- En carreteras importantes 20 m.
- En carreteras no importantes 15 m

Estas distancias deberán ser verificadas, en cada caso, en coordinación con la autoridad competente.

### **3.1.14 DISTANCIAS MÍNIMAS A EDIFICACIONES Y OTRAS CONSTRUCCIONES**

No se permitirá el paso de líneas de media tensión sobre construcciones para viviendas o que alberguen temporalmente a personas, tales como campos deportivos, piscinas, campos feriales, etc.

- Distancia radial entre el conductor y paredes y otras estructuras no accesibles 2,5 m
- Distancia horizontal entre el conductor y parte de una edificación normalmente accesible a personas incluyendo abertura de ventanas, balcones y lugares similares 2,5 m
- Distancia radial entre el conductor y antenas o distintos tipos de pararrayos 3,0 m

#### **Notas:**

- Las distancias radiales se determinarán a la temperatura en la condición PDC (Parámetros de la catenaria) y declinación con carga máxima de viento.
- Lo indicado es complementado o superado por las reglas del Código Nacional de Electricidad Suministro vigente.

### **3.1.15 CÁLCULO ELECTRICO**

Para realizar los cálculos mecánicos y eléctricos se tomará en cuenta normas establecidas por el Ministerio de Energía y Minas de la norma DGE (Dirección General de Electricidad). Del Código Nacional Eléctrico - Tomo IV

### 3.1.15.1 Características eléctricas del sistema

Para los efectos del diseño eléctrico de la línea y red primaria se va a tener en cuenta lo siguiente:

- Tensión nominal de la red : 22,9 kV
- Tensión máxima de servicio : 25.0 kV
- Frecuencia nominal : 60 Hz
- Factor de potencia : 0,90 (atraso)
- Conexión del neutro : Efectivamente puesta a tierra
- Potencia de cortocircuito mínima : 250 MVA
- Nivel isocerámico:
  - ✓ Hasta 3000 m.s.n.m. : Nulo
  - ✓ De 3001 a 4000 m.s.n.m : 30
  - ✓ De 4001 m.s.n.m. hasta arriba : 60
  - ✓ En zonas de Selva de altitud menor a 1000 m.s.n.m. : 60

### 3.1.15.2 Cálculos de caída de tensión

#### ➤ Parámetros de los Conductores.

#### a) Resistencia

Se considera que la máxima temperatura de operación del conductor es de 50°C, presentando una resistencia:

$$R_{1^{\circ}\text{C}} = R_{20^{\circ}\text{C}} [ 1 + \alpha \Delta T ]$$

Siendo:

$$R_{1^{\circ}\text{C}} = \text{Resistencia a la temperatura}$$

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

$$\alpha = \text{Coeficiente térmico (0.0036/}^{\circ}\text{C)}$$

$$\Delta T = \text{Diferencia de temperatura (}^{\circ}\text{C)}$$

#### b) Resistencia inductiva:

- Para Sistemas trifásicos equilibrados las fórmulas a emplearse serán las siguientes:

$$X_L = 377(0.5 + \log(\frac{DMG}{r})) \times 10^{-4} \text{ ,en ohm/km ...Ecuación 54}$$

DMG = Distancia media geométrica, e igual a 1,20 m

r = radio del conductor, en m

- Reactancia Inductiva para sistemas monofásicos a la tensión entre fases  
La fórmula es la misma que para sistema trifásicos, pero la distancia media geométrica (DMG) será igual a 2,20 m

### c) Cálculo de Caída de Tensión

#### ➤ Para sistemas trifásicos

$$\Delta V \% = \frac{PL (r_1 + X_1 \operatorname{tg} \phi)}{10V_L^2} \text{ Ecuación 55}$$

$$\Delta V \% = K_1 PL \quad ; \quad K_1 = \frac{r_1 + X_1 \operatorname{tg} \phi}{10 (V_L)^2}$$

Donde:

$\Delta V$	=	Caída porcentual de tensión.
%		
P	=	Potencia, en Kw
L	=	Longitud del tramo de línea, en km
$V_L$	=	Tensión entre fases, en kV
$r_1$	=	Resistencia del conductor, en $\Omega / \text{km}$
$X_1$	=	Reactancia inductiva para sistemas trifásicos en $\Omega/\text{km}$
$X_2$	=	Reactancia inductiva para sistemas monofásicos a la retorno total por tierra
$\phi$	=	Angulo de factor de potencia
K	=	Factor de caída de tensión

Es oportuno señalar que por tratarse de cargas de tipo rural se ha considerado un límite máximo admisible de caída de tensión de 7.0% según referencia de Código Nacional Eléctrico – Suministro.

#### d) Pérdidas de potencia por efecto joule

La pérdida de potencia se calculará utilizando la siguiente fórmula:

➤ Pérdidas de potencia en circuitos trifásicos:

$$P_j = \frac{2P^2(r_1)L}{1000xV_L^2(\cos^2\phi)} \dots \text{Ecuación 56}$$

Donde:

P	=	Demanda de potencia, en kW
r <sub>1</sub>	=	Resistencia del conductor a la temperatura de operación, en Ω/km
L	=	Longitud del circuito o tramo del circuito, en km
V <sub>L</sub>	=	Tensión entre fase, en kV
φ	=	Angulo de factor de potencia

Los resultados de la inductancia, el factor de caída de tensión y pérdidas por efecto joule se muestran a continuación:

**Tabla 42: Resistencia eléctrica y Reactancia Inductiva del conductor**

PARAMETROS DE LA LINEA															
<b>EST. EDWIN J. ALCÁNTARA GÓMEZ</b>				<b>DISEÑO DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA UTILIZANDO LA CASCARILLA DE ARROZ PARA REDUCIR COSTOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS MOLINOS DE ARROZ DE LA PROVINCIA DE JAÉN</b>											
<b>UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN</b>															
$R_{1^{\circ}C} = R_{20^{\circ}C} [ 1 + \alpha \Delta T ]$				$T_1 = 20^{\circ}C$	$f = 60 \text{ Hz}$										
				$T_2 = 50^{\circ}C$	$R_{20^{\circ}C} = 250 \text{ Ohm/m}$										
				$\alpha = 0,00360 \text{ } 1/^{\circ}C$											
Sección (mm <sup>2</sup> )	N° de Alambres	Radio Exterior (m)	Diámetro de c/alambre (m)	Resistencia Eléctrica del Conductor		REACTANCIA INDUCTIVA									
				(Ohm/Km)	(Ohm/Km)	DMG1 (m)	X1 (Ohm/Km)	K1	DMG2 (m)	X2 (Ohm/Km)	K2	De	Ds	Xt (Ohm/Km)	Kt
				a 20° C	a 50° C										
35	7	0,00375	0,0025	0,966	1,070	1,20	0,4533	7,403E-04	2,20	0,4989	7,530E-04	1,344E+03	2,646E-03	0,9894	2,955E-04

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 43: Caída de tensión y Pérdida por efecto joule**

EST. EDWIN ALCÁNTARA GÓMEZ				DISEÑO DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA UTILIZANDO LA CASCARILLA DE ARROZ PARA REDUCIR COSTOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS MOLINOS DE ARROZ DE LA PROVINCIA DE JAÉN									
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN				LINEA Y RED PRIMARIA									
CUADRO DE CAIDA DE TENSION													
TRAMO 1: 3Ø 22.9KV													
Pto	Carga en KW	Pérdida de Potencia (KW)	Carga en KW (Parcial)	Total Carga en KW	L (Km)	Sección (mm <sup>2</sup> )	Intensidad (A)	Factor Caída de Tensión	Tipo de Conductor	%Δv	%Δv <sub>Total</sub>	Tensión (KV)	Observaciones
											<b>1,000</b>		ASUMIDO
0	0,00	0,0000	275,00	275,00	0,000	35	7,68	2,955E-04	AAAC	0,000	1,000	22,77	PTO. DE ALIMENATCION
1	0,00	0,01	275,00	275,01	0,04	35,00	7,68	0,00	AAAC	0,00	1,00	22,77	
1,1	100,00	0,02	275,00	275,02	0,08	35,00	7,68	0,00	AAAC	0,01	1,01	22,77	Molino Nueva Villa
2	0,00	0,01	175,00	175,01	0,12	35,00	4,89	0,00	AAAC	0,01	1,01	22,77	
3	0,00	0,01	175,00	175,01	0,16	35,00	4,89	0,00	AAAC	0,01	1,02	22,77	
4	0,00	0,02	175,00	175,02	0,20	35,00	4,89	0,00	AAAC	0,01	1,03	22,76	
5	0,00	0,01	175,00	175,01	0,17	35,00	4,89	0,00	AAAC	0,01	1,04	22,76	
5,1	50,00	0,00	175,00	175,00	0,04	35,00	4,89	0,00	AAAC	0,00	1,04	22,76	Molino El Agricultor
6	0,00	0,00	125,00	125,00	0,10	35,00	3,49	0,00	AAAC	0,00	1,04	22,76	
7	0,00	0,01	125,00	125,01	0,13	35,00	3,49	0,00	AAAC	0,00	1,05	22,76	
8	0,00	0,01	125,00	125,01	0,13	35,00	3,49	0,00	AAAC	0,00	1,05	22,76	
9	0,00	0,01	125,00	125,01	0,20	35,00	3,49	0,00	AAAC	0,01	1,06	22,76	
10	0,00	0,01	125,00	125,01	0,18	35,00	3,49	0,00	AAAC	0,01	1,06	22,76	
11	0,00	0,01	125,00	125,01	0,19	35,00	3,49	0,00	AAAC	0,01	1,07	22,76	
11,1	50,00	0,00	125,00	125,00	0,04	35,00	3,49	0,00	AAAC	0,00	1,07	22,76	Molino El Sol
12	0,00	0,00	75,00	75,00	0,11	35,00	2,09	0,00	AAAC	0,00	1,07	22,76	
12,1	75,00	0,00	75,00	75,00	0,04	35,00	2,09	0,00	AAAC	0,00	1,07	22,76	Molino Los Cocos

**Fuente:** Elaboración propia

### **3.1.15.3 Sistema de protección**

Según la norma DGE. En principio, el Sistema de Protección, debe proveer al Sistema Eléctrico de las funciones siguientes:

- Evitar y atenuar los daños en las instalaciones y equipos.
- Minimizar los tiempos de indisponibilidad.
- Minimizar los efectos de las perturbaciones.
- Dar indicios de la ubicación y causas de las fallas.
- Salvaguardar físicamente a las personas.
- Restablecer el sistema a la operación normal.
- Brindar seguridad y confiabilidad en el suministro de la energía.

El sistema de protección del Proyecto en 22.9 kV para la localidad en estudio, está conformado básicamente por los equipos y dispositivos siguientes:

#### **➤ Líneas Primaria**

Según la norma DGE. La línea primaria, a lo largo de su recorrido, estarán provistos de seccionadores fusible tipo Cut-Out, con fusibles de tipo K, para la protección contra sobrecorrientes.

#### **➤ Transformador de distribución**

Según la Norma DGE. El transformador de distribución, cuenta con seccionadores fusible tipo Cut-Out, en el lado de media tensión e interruptores termomagnéticos en el lado de baja tensión, para la protección contra sobrecorrientes.

#### **✓ Transformador de distribución**

Para la protección del transformador de distribución, se toma en cuenta las recomendaciones de la norma MEM-DEP-313 del Ministerio de Energía y Minas, donde se establecen los fusibles de protección, de la manera siguiente:

**Tabla 44: Fusibles de protección para transformadores**

<b>Transformador</b>	<b>Potencia (kVA)</b>	<b>Fusible de expulsión</b>
Trifásico	400	20 A, K

Fuente: Obtenido de

[http://iberapa.es/catalogos/productos/CUTOUTS\\_CU\\_01\\_03A-E.pdf](http://iberapa.es/catalogos/productos/CUTOUTS_CU_01_03A-E.pdf)

✓ **Línea primaria Coordinación Fusible - Fusible**

La coordinación entre Fusible – Fusible se logra cuando la curva característica “Tiempo-Corriente” (Tiempo mínimo de fusión - Melting) del fusible aguas abajo (eléctricamente más cercano a la fuente) se encuentra sobre la curva característica “Tiempo-Corriente” (Tiempo total de aclaramiento - Clearing) del fusible aguas arriba (eléctricamente más alejado de la fuente), teniendo un margen de tiempo de 0,1 a 0,18 segundos.

✓ **Metodología de la coordinación de fusibles**

➤ Con las curvas tiempo corriente de total de fusión para el fusible “protector” (Anexo N° 14) y las curvas iniciales de fusión para el fusible “protegido” (Anexo N° 15), superponiendo ambas curvas se puede obtener una coordinación de tales fusibles.

➤ La comparación de las curvas tiempo corriente son satisfactorias para tiempos superiores a 0,01 segundos.

Para la coordinación fusible-fusible se han tenido en cuenta lo siguiente:

➤ El tiempo máximo para liberar la falla del fusible protector no deberá exceder el 75% del tiempo mínimo de fusión del fusible protegido.

➤ El factor de 75% permite el calentamiento normal del fusible protegido y evita la sobrecarga que modificaría su característica del fusible.

➤ Valor de la corriente de inserción originada por los transformadores instalados después del cut-out, deberá estar debajo de las curvas de fusión del fusible protegido.

**Tabla 45 Cálculo de coordinación de protección**

<b>FUSIBLE PROTEGIDO</b>		<b>FUSIBLE PROTECTOR</b>			Porcentaje (TD/TF) x (100) <75%
Fusible	Tiempo Mínimo de Fusión: TF (s)	Ik (A)	Fusible	Tiempo de disparo: TD (s)	
6K	0,1	215,1	2K	0,067	67%

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.15.4 Determinación del nivel de aislamiento de líneas primarias

#### a. Criterios para la Selección del Nivel del Aislamiento

Los criterios que deberán tomarse en cuenta para la selección del aislamiento serán las siguientes:

- Sobretensiones atmosféricas
- Sobretensiones a frecuencia industrial en seco
- Contaminación ambiental

En el siguiente cuadro se muestran los niveles de aislamiento que se aplicarán a la línea y red primaria en condiciones standard según la Norma DGE: RD 018-2003-EM/DGE)

**Tabla 46: Niveles de aislamiento que se aplicarán a la línea primaria**

Tensión nominal entre fase (kV)	Tensión máxima entre fases (kV)	Tensión de sostenimiento a la onda 1.2/50 entre fases y fase a tierra (KVp)	Tensión de sostenimiento a frecuencia industrial entre fases y fase-tierra (kV)
22.9	25	150	50
13.2	14.43	125	50

Fuente: Norma DGE del código Nacional de Electricidad tomo IV.

#### b. Factor de corrección por altitud

Los niveles de aislamiento consignado en el cuadro anterior son válidos para condiciones atmosféricas estándares, es decir, para  $1.013 \times 10^5$  N/m<sup>2</sup> y 20°C.

$$F_h = 1 + 1.25(h - 1000) \times 10^{-4}$$

h = Altitud sobre el nivel del mar, en m.

### c. Contaminación Ambiental

Según la Norma DGE del CNE – tomo IV. Para ello, se tomará como base las recomendaciones de la Norma IEC 815 “GUIDE FOR THE SELECTION OF INSULATORS IN RESPECT OF POLLUTED CONDITIONS”

Para propósitos de normalización, se han definido las siguientes cuatro (04) niveles de contaminación:

- Ligero
- medio
- pesado
- muy pesado

En ambientes limpios según CNE\_2011-Norma DGE deberá considerarse, al menos, la contaminación correspondiente al grado ligero (light = 14 mm/kV)

### d. Pérdidas anuales de energía activa

$$E_j = 8760(P_j)(FP) \dots \text{Ecuación 57}$$

$$FP = 0.15 F_c + 0.85 F_c^2$$

Donde:

P<sub>j</sub> = Demanda de potencia, en Kw

FP = Factor de pérdidas

F<sub>c</sub> = 0.80 (Factor de Carga)

### e. Factor de Corrección Por Temperatura De Servicio

$$F_t = \frac{273+t}{313} \dots \text{Ecuación 58}$$

Según el C.N.E tomo IV-Norma IEC 137, para una altitud entre 0 – 1000 m.s.n.m.  $F_t = 1$

**f. Tensión de cálculo**

$$U = V \times F_h \dots \text{Ecuación 59}$$

Donde:

V: tensión nominal (22.9 kV)

F<sub>h</sub>: Factor de corrección por altitud

**g. Nivel Básico De Aislamiento**

$$BIL = F_h \times F_t \times BIL \dots \text{Ecuación 60}$$

BIL= 95 Según CNE tomo IV (nivel de aislamiento para el equipo eléctrico)

**h. Tensión Crítica Disruptiva Bajo Lluvia.**

$$U_C = 2.1 \times F_t (U + 5) \dots \text{Ecuación 61}$$

Donde

F<sub>t</sub> = Factor de temperatura

U = Tensión de Calculo, en kV

**i. Tensión de Perforación:**

$$U_P = \frac{BIL}{0.91} \dots \text{Ecuación 62}$$

**j. Tensión Crítica Disruptiva en Seco.**

La tensión disruptiva en Seco. No debe superar al 75% de la tensión:

$$U_{cs} = (U_p) (0.75) \dots \text{Ecuación 63}$$

**k. Tensión de Arco.**

$$U_A = 1.1 \times U_{SC} \dots \text{Ecuación 64}$$

**l. Longitud de línea de Fuga para un aislador:**

$$L_f = \frac{U \times GA}{n} \dots \text{Ecuación 65}$$

Donde:

$G_A = 14 \text{ mm/kV}$  Nivel de contaminación (ligero)

$U = 22.9 \text{ kV}$

$n =$  número de aisladores

**Tabla 47: Resumen Selección Nivel de aislamiento de red primaria**

<b>SELECCION DEL NIVEL DE AISLAMIENTO DE LINEAS PRIMARIAS</b> <b>DISEÑO DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA UTILIZANDO LA CASCARILLA DE ARROZ PARA REDUCIR</b> <b>COSTOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS MOLINOS DE ARROZ DE LA PROVINCIA DE</b> <b>JAÉN</b> <b>UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN</b>			
<i>DEMANDA DE POTENCIA (Kw)</i>		0,11450	
<i>ANGULO DE FACTOR DE POTENCIA</i>		0,9	
<i>FACTOR DE PERDIDAS</i>		0,664	
<i>FACTOR DE CARGA</i>		0,8	
<i>PERDIDAS ANUALES DE ENERGIA ACTIVA AL AÑO (Kw.h)</i>		666,01	
<b>FACTOR DE CORRECCION POR ALTITUD (<math>F_h</math>)</b>		0,97	
<b>FACTOR DE CORRECCION POR TEMPERATURA DE SERVICIO (<math>F_t</math>)</b>		1,00	
<i>Temperatura(°C)</i>		40	
V= TENSION NOMINAL (Kv)		22,9	
U= TENSION DE CALCULO (Kv)		22,12	
$U_c$ =TENSION CRITICA DISRUPTIVA BAJO LLUVIA (Kv)		56,961	
$U_{CS}$ =TENSION CRITICA DISRUPTIVA EN SECO (Kv)		75,64	
$U_A$ =TENSION DE ARCO (Kv)		83,21	
$U_p$ =TENSION DE PERFORACION (Kv)		100,86	
BIL= NIVEL BASICO DE AISLAMIENTO		91,78	
<b>LONGITUD DE LINEA DE FUGA (<math>L_f</math>)</b>			
$G_A=$	14	mm/Kv	
		<b>Cantidad</b>	<b>Longitud (mm)</b>
PARA AISLADORES DE APOYO		1	310
PARA AISLADORES DE SUSPENSIÓN		3	103

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.1.15.5 Cálculo del pararrayo

Para seleccionar un pararrayos apropiado involucra consideraciones de máxima tensión de operación continua; características protectivas (a impulsos de maniobra y rayos); duración (sobretensiones temporales y de maniobra), condiciones de servicio, etc.

- Tensión máxima de operación continua (MCOV)

Para la selección del pararrayos, el MCOV del pararrayo debe ser igual o mayor a la máxima tensión del sistema:  $U_m / \sqrt{3}$  ó  $U_m$

- Capacidad de sobretensión temporal (TOV)

Para determinar el TOV es necesario conocer los valores de la Impedancia de secuencia cero y secuencia positiva en el punto donde se pretenda instalar el pararrayo. El cuadro adjunto N° 01 se observa los valores de impedancias calculados en puntos donde se pretende instalar pararrayos. Con los valores obtenidos  $R_0$ ,  $X_0$ ,  $R_1$  y  $X_1$  del sistema se calcula  $R_0/X_1$  y  $X_0/X_1$ , con estos valores se obtiene el factor de tierra ( $Ke$ ) del grafico N° 01

Con los valores de  $Ke$  se calcula los valores de TOV.

$$TOV = \frac{Ke * V_n}{\sqrt{3}} \dots \text{Ecuación 66}$$

Donde:

$$Ke = f\left(\frac{R_0}{X_1}, \frac{X_0}{X_1}\right)$$

En el cuadro N° 01 adjunto al final se resume el cálculo de los pararrayos, en base a los parámetros del sistema, y del cuadro N° 02 se obtiene el pararrayo de:

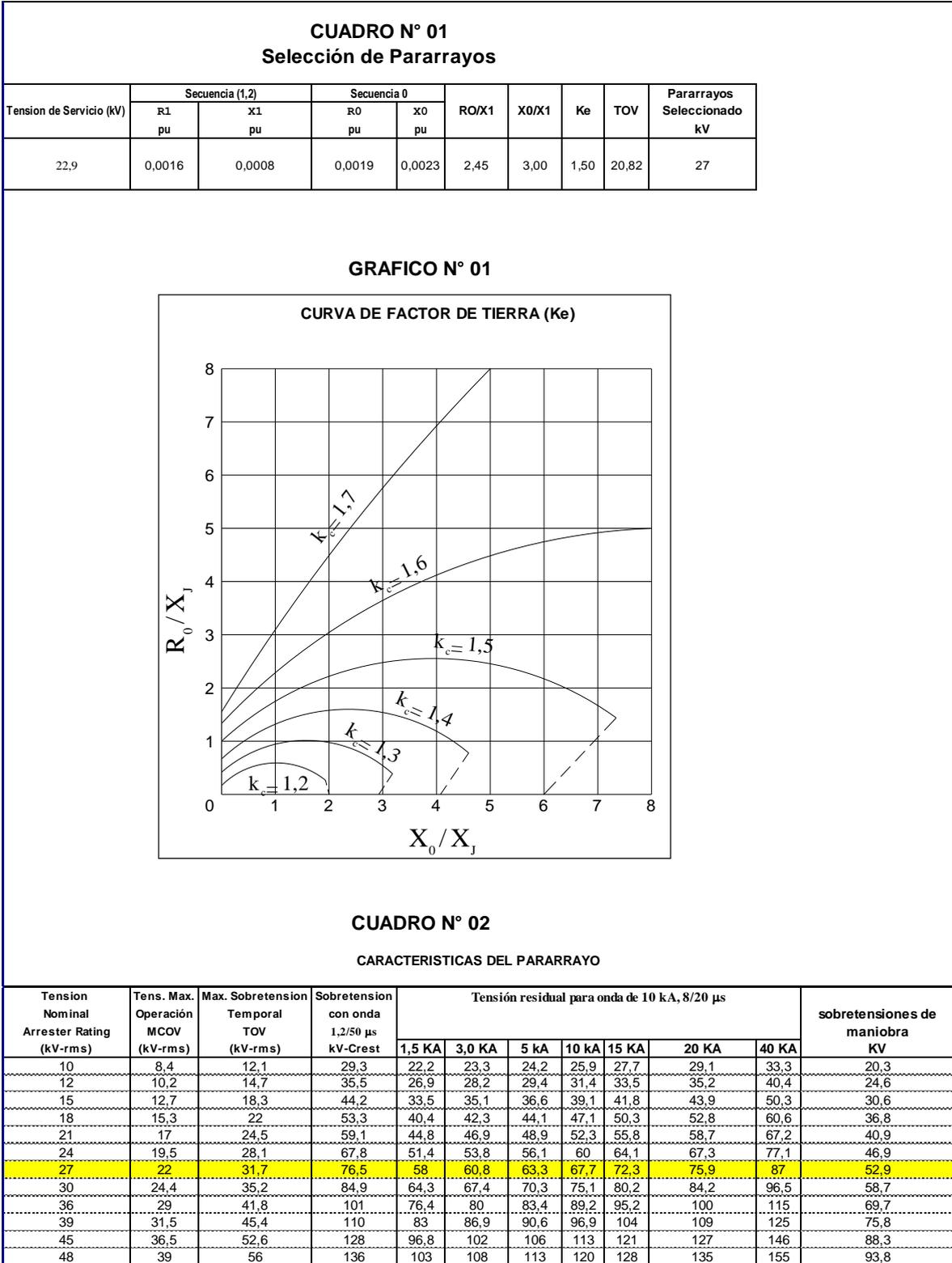
$$V_n = 24 \text{ kV}$$

**Tabla 48: Datos generales**

<b><u>DATOS GENERALES:</u></b>										
X t´ (Transformador) : J <b>0,4</b> pu										
X d´ (generador) : J <b>0,3</b> pu										
<b><u>VALORES BASE</u></b>						<b><u>DATOS PARA SEC ( 0 )</u></b>				
S <sub>B</sub> <b>0,40</b> MVA										
V <sub>B</sub> <b>22,9</b> KV (3Ø)										
Z <sub>B</sub> 1311,03 Ohm (3Ø)										
I <sub>B</sub> 10,08 A (3Ø)										
r <b>250</b> Ohm-m. (Resistividad terreno)										
De 1.343,97 m										
DRS <b>0,00</b> m										
DST 0,00 m										
DRT 0,00 m										
Sección (mm <sup>2</sup> )	L (km)	RMG (m)	Secuencia (1,2)		Secuencia 0		Secuencia (1,2)		Secuencia 0	
			RU (50°C) (Ohm/km)	X (Ohm/km)	Ro (Ohm/km)	Xo (Ohm/km)	R pu	X pu	R ( 0 ) pu	Xpu ( 0 ) pu
35	2,000	0,00508200	1,0700	0,4989	1,2200	1,496700	0,001632	0,000761	0,0019	0,0023

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 49: Cálculo y selección de pararrayos**



**Fuente:** Elaboración propia

### 3.1.15.6 Puestas a tierra

Establecer los criterios para el dimensionamiento de las puestas a tierra en subestaciones de distribución que la DGE/MEM ha normalizado para su aplicación en proyectos de Electrificación Rural.

**Tabla 50: Cálculo de puestas a tierra**

**DATOS DEL TERRENO DE LA OBRA**

Tipo de terreno : Vegetal  
 Tipo de varilla utilizada : Cooperweld

Resistividad aparente : 40,0 Ω - metro

**RELACION UTILIZADA**

$$R = 0.366 \frac{\rho}{L} \log \frac{4L}{d}$$

**CALCULOS**

Diámetro de varilla		Longitud m	Resistencia W
Pulg	mm		
1/2	12,7	2,40	17,56
5/8	15,9	2,40	16,97
3/4	19,1	2,40	16,48
1,0	25,4	5,00	8,48

Caja de registro de concreto C:A

L

d

**RESUMEN**

Como podemos observar que si aumentamos el diámetro de la varilla disminuye la resistencia del terreno, por lo que debemos hacer un mejoramiento debido a la alta resistividad de dicho terreno, si empleamos una varilla de 5/8"Ø obtenemos una resistencia de 16.97Ω, por lo que en el siguiente ítem, detallamos el procedimiento a emplear.

**MEJORAMIENTO DE PUESTAS A TIERRA DE ALTA RESISTIVIDAD**

En la práctica; cuando el cálculo de la resistencia de un electrodo, excede del valor buscado esta resistividad se puede reducir según los siguientes métodos:

- 1- Usando una varilla de mayor diámetro.
- 2- Usando varillas más largas
- 3- Poniendo dos, tres o más varillas en paralelo.
- 4- Tratando químicamente el terreno.

De todas las alternativas anteriores, la más efectiva es haciendo el tratamiento químico al terreno con BENTONITA, por las siguientes razones:

- a- Es aplicable para los tipos de suelos tales como zonas rocosas, areniscosas o volcánicas que hacen difícil e incluso imposible obtener valores satisfactorios de la resistencia de una puesta a tierra.
- b- El empleo de bentonita, agua y sal para el relleno de las jabalinas de puesta a tierra, permite obtener la humedad, casi constante a nivel molecular, en el terreno y de esa manera aumenta la conductividad y eficacia de la instalación a un costo menor con respecto a los sistemas convencionales.

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.1.16 Cálculo mecánico del conductor

#### ➤ OBJETIVO

Estos cálculos tienen el objetivo de determinar las siguientes magnitudes relativas a los conductores de líneas y redes primarias aéreas en todas las hipótesis de trabajo:

- Esfuerzo horizontal del conductor.
- Esfuerzo tangencial del conductor en los apoyos.
- Flecha del conductor.
- Parámetros del conductor.
- Coordenadas de plantillas de flecha máxima (sólo en hipótesis de máxima temperatura).
- Ángulos de salida del conductor respecto a la línea horizontal, en los apoyos.
- Vano - peso de las estructuras.
- Vano - medio de las estructuras.

Los conductores para líneas y redes primarias aéreas serán de aleación de aluminio (AAAC), fabricados según las prescripciones de las normas ASTM B398, ASTM B399 o IEC 1089.

**Tabla 51: Características mecánicas de los conductores de aleación de aluminio desnudo normalizados (sin grasa)**

<b>SECCION</b>	35	mm <sup>2</sup>
<b>N° DE ALAMBRES</b>	7	
<b>DIAMETRO EXTERIOR</b>	7.56	mm
<b>PESO UNITARIO</b>	0.922	N/m
<b>TIRO DE ROTURA</b>	9756.0	N
<b>COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA</b>	0.000023	1/°C
<b>MODULO DE ELASTICIDAD</b>	60822	N/mm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

#### ➤ Esfuerzos del conductor en la condición EDS

Las Normas Internacionales y las Instituciones vinculadas a la investigación respecto al comportamiento de los conductores, recomiendan que en líneas con conductores de aleación de aluminio sin protección antivibrante los esfuerzos horizontales que se tomarán de modo referencial, serán los siguientes:

- En la condición EDS inicial: 18% del esfuerzo de rotura del conductor
- En la condición EDS final : 15% del esfuerzo de rotura del conductor

### **3.1.16.1 Hipótesis de estado**

Según la Norma DGE- BASES PARA EL DISEÑO DE LÍNEAS Y REDES PRIMARIAS PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL, se tomarán en cuenta Las hipótesis de estado para los cálculos mecánicos del conductor se definen sobre la base de los siguientes factores:

- Velocidad de viento
- Temperatura
- Carga de hielo

Sobre la base de la zonificación y las cargas definidas por el Código Nacional de Electricidad Suministro, se considerarán las siguientes hipótesis:

#### **HIPOTESIS N° I : Condición de mayor duración (EDS)**

- Temperatura : 25°C media anual
- Velocidad de viento : nula
- Sobrecarga de hielo : nula

#### **HIPOTESIS N° II : De Mínima Temperatura y Máxima Velocidad**

- Temperatura : 5°C mínima
- Velocidad de viento : 70 Km/h Máxima
- Sobrecarga de hielo : nula
- Coeficiente de seguridad : 2

#### **HIPOTESIS N° III : De Máximo esfuerzo sin Viento**

- Temperatura : 0°C máxima
- Velocidad de viento : nula
- Sobrecarga de hielo : nula

#### **HIPOTESIS N° IV : De Máximo Temperatura (Flecha Máxima)**

- Temperatura : 40°C
- Velocidad de viento : nula
- Sobrecarga de hielo : nula

#### **A. Ecuación de cambio de estado**

Esfuerzos en las Hipótesis II y III:

$$(\sigma_f)^2 [ \sigma_f + E \alpha ( T_f - T_i ) + ( W_{ri}^2 d^2 E / 24 S^2 \sigma_i^2 ) - \sigma_i ] = ( W_{rf}^2 d^2 E / 24 S^2 ) \dots \text{Ecuación 67}$$

Donde:

$\sigma_i$  = Esfuerzo admisible en la hipótesis inicial (Kg/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_f$  = Esfuerzo admisible en la hipótesis final (Kg/mm<sup>2</sup>)

$W_{ri}$  = Peso resultante en la hipótesis inicial (Kg/m)

$W_{rf}$  = Peso resultante en la hipótesis final (Kg/m)

$T_i$  = Temperatura en la hipótesis inicial (°C)

$T_f$  = Temperatura en la hipótesis final (°C)

$\alpha$  = Coeficiente de dilatación lineal (°C<sup>-1</sup>)

$E$  = Módulo de elasticidad (Kg/mm<sup>2</sup>)

$S$  = Sección (mm<sup>2</sup>)

$d$  = Vano (m)

#### **B. Esfuerzo del conductor en el extremo superior derecho (Tiro delante en m)**

- Formula Exacta

$$T_D = \sigma \cdot \text{Cosh}\left(\frac{X_D}{P}\right)$$

#### **C. Esfuerzo del conductor en el extremo superior Izquierdo (Tiro Atrás en m)**

- Formula Exacta

$$T_I = \sigma \cdot \text{Cosh}\left(\frac{X_I}{p}\right)$$

**D. Angulo del conductor respecto a la línea horizontal, en el apoyo derecho (Angulo Delante)**

$$\theta_D = \text{Cos}^{-1}\left(\frac{\sigma}{T_D}\right)$$

**E. Angulo del conductor respecto a la línea horizontal, en el apoyo Izquierdo (Angulo Atrás)**

$$\theta_I = \text{Cos}^{-1}\left(\frac{\sigma}{T_I}\right)$$

**F. Distancia del punto más bajo de la catenaria al apoyo izquierdo (Distancia atrás, en m)**

- Fórmula exacta

$$X_I = -P \left[ \text{senh}^{-1} \left( \frac{h/d}{\sqrt{(\text{senh}(d/p))^2 - (\text{cosh}(d/p) - 1)^2}} \right) - \text{tgh}^{-1} \left( \frac{\text{cosh}(d/p) - 1}{\text{senh}(d/p)} \right) \right]$$

**G. Distancia del Punto más bajo de la catenaria al apoyo derecho**

$$X_D = d - X_I$$

**H. Longitud del Conductor**

- Fórmula exacta

$$L = \sqrt{\left(2p \text{senh} \frac{d}{2p}\right)^2 + h^2}$$

**I. Flecha del conductor en terreno sin desnivel**

- Fórmula exacta

$$f = p \left( \cosh \frac{d}{2p} - 1 \right)$$

**J. Flecha del conductor en terreno desnivelado**

- Fórmula exacta

$$f = p \left( \cosh \frac{X_1}{p} - \cosh \frac{\frac{d}{2} - X_1}{p} \right) + \frac{h}{2}$$

### K. Saeta del Conductor

- Fórmula aproximada:

$$s = f [1 - (h / 4f)^2]$$

h = Desnivel del vano (m)

f = Flecha (m)

p = Parámetro del conductor (m)

### L. Parámetro del Conductor

$$p = \frac{(\sigma) \times S}{W}$$

p = Parámetro del conductor (m)

$\sigma$  = Esfuerzo en punto de catenaria (Kg/mm<sup>2</sup>)

S = sección del conductor (mm<sup>2</sup>)

W = Peso del conductor (Kg/m)

### M. Carga Unitaria Resultante en el Conductor

$$W_R = \sqrt{[W_c + 0.0029 (\Phi + 2e)]^2 + \left[ P_v \frac{(\Phi + 2e)}{1000} \right]^2}$$

$$P_v = 0.041 (V_v)^2$$

P<sub>v</sub> = Presión del viento, en Pa

$\Phi$  = Diámetro del conductor, en m

V<sub>v</sub> = Velocidad de viento, en km/h

W<sub>c</sub> = Peso del conductor, en (N/m)

e = Espesor del hielo sobre el conductor, en m.

#### **N. Cálculo del Vano - Peso:**

$$V_P = X_{D(i)} + X_{I(i+1)}$$

$X_D(i)$  = Distancia del punto más bajo de la catenaria del vano de atrás (m)

$X_I(i+1)$  = Distancia del punto más bajo de la catenaria del vano de delante (m)

#### **O. Cálculo del Vano – Medio (Vano – Viento):**

$$VM = \frac{d_i + d_{(i+1)}}{2}$$

$d_i$  = Vano atrás (m)

$d(i+1)$  = Vano adelante (m)

#### **P. Cálculo del Vano Básico:**

El tensado de conductores; comprendidos entre dos estructuras de anclaje debe tener el mismo esfuerzo a lo largo de todo el tendido de la línea.

Es por ello que es importante el concepto de vano básico ya que es; el que es; el que nos permite absorber las diferencias de tensión de los conductores por variación del vano y de las condiciones meteorológicas de la zona.

Analíticamente se demuestra:

- Formula Para Vanos nivelados:

$$V_B = \sqrt[3]{\frac{d_1^3 + d_2^3 + \dots + d_n^3}{d_1 + d_2 + \dots + d_n}}$$

#### **Q. Presión del viento (Pv):**

$$P_v = K \times V^2 \times S_f \times A$$

$K = 0.613$  para elevaciones hasta 4000msnm

$V$  = Velocidad del viento ( 19.5 m/sg )

$S_f = 1$  Factor de forma

$A = 1 \text{ m}^2$ , área proyectada

**R. Peso debido a la presión del viento (  $W_v$  ):**

$$W_v = ( ( d + 2c ) / 1000 ) * P_v \text{ ( Kg/m)}$$

$$P_v = \text{Presión del viento ( Kg/m}^2 \text{)}$$

$$d = \text{Diámetro del conductor (mm)}$$

$$c = \text{Espesor de capa de hielo} = 0 \text{ para la zona del proyecto}$$

**S. Peso resultante del conductor (  $W_r$  ):**

Como en la zona no existe hielo, se considerará la siguiente ecuación:

$$W_r = ( W_c^2 + W_v^2 )^{1/2} \text{ (Kg/m)}$$

$$W_c = \text{Peso propio del conductor}$$

Los resultados de las cuatro hipótesis se muestran a continuación

**Tabla 52: Resultados de Hipótesis I**

Conductor	AAAC desnudo 35 mm <sup>2</sup>
Sección	35 mm <sup>2</sup>
Diámetro	7,56 mm
Peso Unitario	0,922 Kg/m
Tiro de Rotura	9756,05 Kg/m
Módulo de Elasticidad	60822 Kg/mm <sup>2</sup>
Coef. Dilatación	2,30E-05 1/°C

VANO (m)	HIPOTESIS I													
	H (Kg)	T (Kg)	$\sigma$ (Kg/mm <sup>2</sup> )	f (m)	p (m)	h/d	h/p	d/p	X <sub>I</sub> (m)	X <sub>D</sub> (m)	T <sub>I</sub> (Kg)	T <sub>D</sub> (Kg)	$\theta_i$ (°)	$\theta_D$ (°)
43,000	1756,20	1756,09	50,17	0,121	1904,36	0,0000	0,0000	0,0226	21,50	21,50	1756,20	1756,20	0,647	0,647
81,000	1756,49	1756,09	50,17	0,431	1904,36	0,0000	0,0000	0,0425	40,50	40,50	1756,49	1756,49	1,218	1,218
115,000	1756,89	1756,09	50,17	0,868	1904,36	0,0000	0,0000	0,0604	57,50	57,50	1756,89	1756,89	1,730	1,730
160,000	1757,64	1756,09	50,17	1,681	1904,36	0,0000	0,0000	0,0840	80,00	80,00	1757,64	1757,64	2,406	2,406
191,000	1758,30	1756,09	50,17	2,395	1904,36	0,0000	0,0000	0,1003	95,50	95,50	1758,30	1758,30	2,872	2,872
152,000	1757,49	1756,09	50,17	1,517	1904,36	0,0000	0,0000	0,0798	76,00	76,00	1757,49	1757,49	2,286	2,286
39,000	1756,18	1756,09	50,17	0,100	1904,36	0,0000	0,0000	0,0205	19,50	19,50	1756,18	1756,18	0,587	0,587
97,000	1756,66	1756,09	50,17	0,618	1904,36	0,0000	0,0000	0,0509	48,50	48,50	1756,66	1756,66	1,459	1,459
131,000	1757,13	1756,09	50,17	1,127	1904,36	0,0000	0,0000	0,0688	65,50	65,50	1757,13	1757,13	1,970	1,970
134,000	1757,18	1756,09	50,17	1,179	1904,36	0,0000	0,0000	0,0704	67,00	67,00	1757,18	1757,18	2,015	2,015
197,000	1758,44	1756,09	50,17	2,548	1904,36	0,0000	0,0000	0,1034	98,50	98,50	1758,44	1758,44	2,962	2,962
183,000	1758,12	1756,09	50,17	2,199	1904,36	0,0000	0,0000	0,0961	91,50	91,50	1758,12	1758,12	2,752	2,752
188,000	1758,23	1756,09	50,17	2,320	1904,36	0,0000	0,0000	0,0987	94,00	94,00	1758,23	1758,23	2,827	2,827
35,000	1756,16	1756,09	50,17	0,080	1904,36	0,0000	0,0000	0,0184	17,50	17,50	1756,16	1756,16	0,527	0,527
113,000	1756,86	1756,09	50,17	0,838	1904,36	0,0000	0,0000	0,0593	56,50	56,50	1756,86	1756,86	1,700	1,700
38,000	1756,18	1756,09	50,17	0,095	1904,36	0,0000	0,0000	0,0200	19,00	19,00	1756,18	1756,18	0,572	0,572

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 53: Resultados Hipótesis II**

HIPOTESIS II																						
H (Kg)	T (Kg)	$\sigma$ (Kg/mm <sup>2</sup> )	f (m)	p (m)	h/d	h/p	d/p	X <sub>i</sub> (m)	X <sub>D</sub> (m)	T <sub>i</sub> (Kg)	T <sub>D</sub> (Kg)	$\theta_i$ (°)	$\theta_D$ (°)	R	M	N	p	q	u/3	Raiz II	Valor II	$\sigma$ (Kg/mm <sup>2</sup> )
2774,08	2773,75	79,25	0,165	1400,20	0,00	0,0000	0,0307	21,50	21,50	2774,08	2774,08	0,880	0,880	-26,6860	76,8600	15010,75	656,3843	24321,9381	1,4463	51,22	76,84	79,25
2856,15	2855,02	81,57	0,569	1441,23	0,00	0,0000	0,0562	40,50	40,50	2856,15	2856,15	1,610	1,610	-23,3933	73,5673	53264,22	601,3491	41378,6449	2,8060	48,99	73,51	81,57
2945,46	2943,25	84,09	1,113	1485,77	0,00	0,0000	0,0774	57,50	57,50	2945,46	2945,46	2,217	2,217	-18,7365	68,9105	107364,6	527,6283	65802,0170	5,4293	45,73	68,70	84,09
3064,61	3060,51	87,44	2,072	1544,96	0,00	0,0000	0,1036	80,00	80,00	3064,61	3064,61	2,966	2,966	-10,0889	60,2629	207828,7	403,5128	112019,9511	13,8200	39,01	59,10	87,44
3140,75	3135,04	89,57	2,882	1582,58	0,00	0,0000	0,1207	95,50	95,50	3140,75	3140,75	3,455	3,455	-2,4853	52,6593	296164	308,1111	153490,2920	28,3805	30,89	48,44	89,57
3044,00	3040,27	86,86	1,882	1534,75	0,00	0,0000	0,0990	76,00	76,00	3044,00	3044,00	2,836	2,836	-11,8331	62,0071	187565,4	427,2086	102612,6752	11,6209	40,49	61,16	86,86
2767,53	2767,26	79,06	0,136	1396,93	0,00	0,0000	0,0279	19,50	19,50	2767,53	2767,53	0,800	0,800	-26,9153	77,0892	12347,95	660,3049	23141,4314	1,3639	51,38	77,07	79,06
2897,35	2895,76	82,74	0,805	1461,79	0,00	0,0000	0,0664	48,50	48,50	2897,35	2897,35	1,901	1,901	-21,4031	71,5771	76385,16	569,2533	51774,4109	3,8120	47,61	71,47	82,74
2988,50	2985,68	85,31	1,423	1507,19	0,00	0,0000	0,0869	65,50	65,50	2988,50	2988,50	2,489	2,489	-15,9861	66,1600	139318,3	486,3498	80384,7774	7,4946	43,73	65,78	85,31
2996,52	2993,58	85,53	1,486	1511,18	0,00	0,0000	0,0887	67,00	67,00	2996,52	2996,52	2,539	2,539	-15,4305	65,6045	145772,3	478,2164	83343,8788	7,9696	43,31	65,18	85,53
3154,72	3148,67	89,96	3,053	1589,47	0,00	0,0000	0,1239	98,50	98,50	3154,72	3154,72	3,548	3,548	-0,8585	51,0325	315063,4	289,3682	162454,0928	33,0031	28,53	45,54	89,96
3121,72	3116,45	89,04	2,662	1573,20	0,00	0,0000	0,1163	91,50	91,50	3121,72	3121,72	3,331	3,331	-4,5761	54,7501	271874	333,0634	142015,4180	23,3639	33,51	51,76	89,04
3133,67	3128,12	89,37	2,799	1579,09	0,00	0,0000	0,1191	94,00	94,00	3133,67	3133,67	3,409	3,409	-3,2799	53,4538	286933,5	317,4789	149123,5503	26,3617	31,93	49,75	89,37
2761,50	2761,28	78,89	0,110	1393,91	0,00	0,0000	0,0251	17,50	17,50	2761,50	2761,50	0,719	0,719	-27,1221	77,2960	9944,927	663,8531	22076,8686	1,2907	51,52	77,28	78,89
2940,07	2937,94	83,94	1,076	1483,09	0,00	0,0000	0,0762	56,50	56,50	2940,07	2940,07	2,182	2,182	-19,0552	69,2291	103662,7	532,5193	64119,9508	5,2178	45,96	69,04	83,94
2765,97	2765,71	79,02	0,129	1396,15	0,00	0,0000	0,0272	19,00	19,00	2765,97	2765,97	0,780	0,780	-26,9691	77,1430	11722,84	661,2270	22864,4306	1,3447	51,41	77,13	79,02

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 54: Resultados Hipótesis III**

HIPOTESIS III																						
H (Kg)	T (Kg)	$\sigma$ (Kg/mm <sup>2</sup> )	f (m)	p (m)	h/d	h/p	d/p	X <sub>i</sub> (m)	X <sub>D</sub> (m)	T <sub>i</sub> (Kg)	T <sub>D</sub> (Kg)	$\theta_i$ (°)	$\theta_D$ (°)	R	M	N	p	q	u/3	Raiz III	Valor III	$\sigma$ (Kg/mm <sup>2</sup> )
2950,99	2950,92	84,31	0,072	3200,08	0,00	0,0000	0,0134	21,50	21,50	2950,99	2950,99	0,385	0,385	-33,6806	83,8545	3252,7	781,2868	23464,4922	1,0745	55,89	83,84	84,31
2879,59	2879,35	82,27	0,263	3122,47	0,00	0,0000	0,0259	40,50	40,50	2879,59	2879,59	0,743	0,743	-30,3878	80,5618	11541,9	721,1336	25136,2201	1,2980	53,69	80,55	82,27
2785,76	2785,26	79,58	0,547	3020,43	0,00	0,0000	0,0381	57,50	57,50	2785,76	2785,76	1,091	1,091	-25,7311	75,9050	23264,98	640,1746	27829,9796	1,7182	50,58	75,88	79,58
2633,64	2632,61	75,22	1,121	2854,89	0,00	0,0000	0,0560	80,00	80,00	2633,64	2633,64	1,605	1,605	-17,0835	67,2574	45034,68	502,6177	33785,5939	2,9983	44,78	67,20	75,22
2522,41	2520,87	72,02	1,668	2733,72	0,00	0,0000	0,0699	95,50	95,50	2522,41	2522,41	2,001	2,001	-9,4799	59,6538	64176,17	395,3974	39950,4081	5,0812	39,61	59,50	72,02
2662,05	2661,13	76,03	1,001	2885,82	0,00	0,0000	0,0527	76,00	76,00	2662,05	2662,05	1,509	1,509	-18,8277	69,0016	40643,8	529,0246	32489,7480	2,6701	45,95	68,95	76,03
2956,11	2956,06	84,46	0,059	3205,65	0,00	0,0000	0,0122	19,50	19,50	2956,11	2956,11	0,349	0,349	-33,9098	84,0837	2675,693	785,5637	23355,5537	1,0608	56,05	84,07	84,46
2838,46	2838,11	81,09	0,382	3077,74	0,00	0,0000	0,0315	48,50	48,50	2838,46	2838,46	0,903	0,903	-28,3977	78,5716	16552	685,9444	26241,2565	1,4607	52,36	78,55	81,09
2734,29	2733,62	78,10	0,724	2964,43	0,00	0,0000	0,0442	65,50	65,50	2734,29	2734,29	1,266	1,266	-22,9806	73,1546	30189,07	594,6210	29594,2765	2,0410	48,74	73,12	78,10
2724,25	2723,54	77,82	0,760	2953,50	0,00	0,0000	0,0454	67,00	67,00	2724,25	2724,25	1,300	1,300	-22,4251	72,5990	31587,6	585,6240	29965,7102	2,1144	48,37	72,57	77,82
2501,13	2499,48	71,41	1,790	2710,52	0,00	0,0000	0,0727	98,50	98,50	2501,13	2501,13	2,082	2,082	-7,8531	58,0270	68271,52	374,1260	41372,2288	5,7172	38,49	57,83	71,41
2551,02	2549,62	72,85	1,514	2764,90	0,00	0,0000	0,0662	91,50	91,50	2551,02	2551,02	1,896	1,896	-11,5707	61,7446	58912,75	423,5996	38174,7038	4,3787	41,04	61,62	72,85
2533,11	2531,63	72,33	1,609	2745,38	0,00	0,0000	0,0685	94,00	94,00	2533,11	2533,11	1,961	1,961	-10,2744	60,4483	62176	406,0002	39268,6801	4,8002	40,16	60,31	72,33
2960,75	2960,71	84,59	0,048	3210,70	0,00	0,0000	0,0109	17,50	17,50	2960,75	2960,75	0,312	0,312	-34,1166	84,2906	2154,98	789,4334	23258,0859	1,0486	56,18	84,28	84,59
2791,91	2791,43	79,76	0,527	3027,12	0,00	0,0000	0,0373	56,50	56,50	2791,91	2791,91	1,069	1,069	-26,0497	76,2237	22462,8	645,5608	27633,7394	1,6847	50,79	76,20	79,76
2957,32	2957,27	84,49	0,056	3206,96	0,00	0,0000	0,0118	19,00	19,00	2957,32	2957,32	0,339	0,339	-33,9636	84,1375	2540,237	786,5694	23330,1219	1,0576	56,08	84,13	84,49

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 55: Resultados del Hipótesis IV**

HIPOTESIS IV																						
H (Kg)	T (Kg)	$\sigma$ (Kg/mm <sup>2</sup> )	f (m)	p (m)	h/d	h/p	d/p	X <sub>i</sub> (m)	X <sub>D</sub> (m)	T <sub>i</sub> (Kg)	T <sub>D</sub> (Kg)	$\theta_i$ (°)	$\theta_D$ (°)	R	M	N	p	q	u/3	Raiz IV	Valor IV	$\sigma$ (Kg/mm <sup>2</sup> )
1093,33	1093,15	31,23	0,195	1185,44	0,00	0,0000	0,0363	21,50	21,50	1093,33	1093,33	1,039	1,039	22,2757	27,8983	3252,7	86,4793	2430,5583	3,0223	18,57	27,87	31,23
1203,67	1203,09	34,37	0,629	1304,67	0,00	0,0000	0,0621	40,50	40,50	1203,67	1203,67	1,778	1,778	25,5684	24,6056	11541,9	67,2704	6322,6891	11,4595	16,08	24,28	34,37
1295,05	1293,96	36,97	1,178	1403,21	0,00	0,0000	0,0820	57,50	57,50	1295,05	1295,05	2,347	2,347	30,2252	19,9488	23264,98	44,2171	11926,5178	40,5629	10,10	16,75	36,97
1393,97	1392,01	39,77	2,120	1509,55	0,00	0,0000	0,1060	80,00	80,00	1393,97	1393,97	3,035	3,035	38,8728	11,3012	45034,68	14,1907	22570,7958	422,2214	3,51	7,28	39,77
1448,46	1445,78	41,31	2,909	1567,85	0,00	0,0000	0,1218	95,50	95,50	1448,46	1448,46	3,488	3,488	46,4764	3,6976	64176,17	1,5191	32089,9594	17138,9438	-1,92	-0,68	41,31
1378,19	1376,41	39,33	1,935	1492,62	0,00	0,0000	0,1018	76,00	76,00	1378,19	1378,19	2,916	2,916	37,1286	13,0454	40643,8	18,9091	20404,1233	248,1492	-3,24	1,11	39,33
1082,53	1082,38	30,93	0,162	1173,77	0,00	0,0000	0,0332	19,50	19,50	1082,53	1082,53	0,952	0,952	22,0465	28,1275	2675,693	87,9062	2162,0397	2,6232	18,73	28,11	30,93
1248,33	1247,53	35,64	0,869	1352,86	0,00	0,0000	0,0717	48,50	48,50	1248,33	1248,33	2,054	2,054	27,5586	22,6154	16552	56,8284	8704,4001	20,3185	14,14	21,68	35,64
1333,12	1331,75	38,05	1,486	1444,19	0,00	0,0000	0,0907	65,50	65,50	1333,12	1333,12	2,598	2,598	32,9756	17,1983	30189,07	32,8647	15282,9387	81,1172	1,77	7,50	38,05
1339,89	1338,47	38,24	1,547	1451,48	0,00	0,0000	0,0923	67,00	67,00	1339,89	1339,89	2,644	2,644	33,5312	16,6428	31587,6	30,7758	15964,5333	93,5068	-0,68	4,87	38,24
1457,89	1455,05	41,57	3,075	1577,91	0,00	0,0000	0,1248	98,50	98,50	1457,89	1457,89	3,574	3,574	48,1032	2,0708	68271,52	0,4765	34136,0864	103796,1065	-0,61	0,08	41,57
1435,35	1432,87	40,94	2,695	1553,85	0,00	0,0000	0,1178	91,50	91,50	1435,35	1435,35	3,372	3,372	44,3856	5,7884	58912,75	3,7228	29463,5561	4101,8582	-3,03	-1,11	40,94
1443,62	1441,01	41,17	2,828	1562,68	0,00	0,0000	0,1203	94,00	94,00	1443,62	1443,62	3,444	3,444	45,6818	4,4921	62176	2,2421	31091,3578	9260,9404	-0,47	1,03	41,17
1072,21	1072,09	30,63	0,132	1162,61	0,00	0,0000	0,0301	17,50	17,50	1072,21	1072,21	0,862	0,862	21,8396	28,3343	2154,98	89,2038	1919,9999	2,2789	18,87	28,32	30,63
1290,06	1289,00	36,83	1,142	1397,84	0,00	0,0000	0,0808	56,50	56,50	1290,06	1290,06	2,315	2,315	29,9065	20,2674	22462,8	45,6410	11539,7437	37,4252	10,73	17,49	36,83
1079,90	1079,76	30,85	0,154	1170,93	0,00	0,0000	0,0325	19,00	19,00	1079,90	1079,90	0,930	0,930	21,9927	28,1813	2540,237	88,2428	2099,0509	2,5322	18,77	28,16	30,85

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 56: Resumen del cálculo mecánico del conductor**

CALCULO MECANICO DE CONDUCTOR																																												
Conductor	AAAC desnudo 35 mm <sup>2</sup>									<table border="1"> <thead> <tr> <th>HIPOT.</th> <th>W<sub>c</sub> (N/m)</th> <th>P<sub>v</sub> (N/m<sup>2</sup>)</th> <th>W<sub>v</sub> (N/m)</th> <th>W<sub>h</sub> (N/m)</th> <th>W (N/m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>0,9221</td> <td>0,000</td> <td>0,0000</td> <td>0,0000</td> <td>0,9221</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>0,9221</td> <td>231,911</td> <td>1,7532</td> <td>0,0000</td> <td>1,9810</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>0,9221</td> <td>0,000</td> <td>0,0000</td> <td>0,0000</td> <td>0,9221</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>0,9221</td> <td>0,000</td> <td>0,0000</td> <td>0,0000</td> <td>0,9221</td> </tr> </tbody> </table>					HIPOT.	W <sub>c</sub> (N/m)	P <sub>v</sub> (N/m <sup>2</sup> )	W <sub>v</sub> (N/m)	W <sub>h</sub> (N/m)	W (N/m)	I	0,9221	0,000	0,0000	0,0000	0,9221	II	0,9221	231,911	1,7532	0,0000	1,9810	III	0,9221	0,000	0,0000	0,0000	0,9221	IV	0,9221	0,000	0,0000	0,0000	0,9221
HIPOT.	W <sub>c</sub> (N/m)	P <sub>v</sub> (N/m <sup>2</sup> )	W <sub>v</sub> (N/m)	W <sub>h</sub> (N/m)	W (N/m)																																							
I	0,9221	0,000	0,0000	0,0000	0,9221																																							
II	0,9221	231,911	1,7532	0,0000	1,9810																																							
III	0,9221	0,000	0,0000	0,0000	0,9221																																							
IV	0,9221	0,000	0,0000	0,0000	0,9221																																							
Sección	35 mm <sup>2</sup>																																											
Diámetro	7,56 mm																																											
Peso Unitario	0,922 N/m																																											
Tiro de Rotura	9756,0 N																																											
Módulo de Elasticidad	60822 N/mm <sup>2</sup>																																											
Coef. Dilatación	2,30E-05 1/°C			EDS : 50,17 Kg/mm <sup>2</sup>		18 % T <sub>R</sub>																																						
Hipótesis I	EDS		Velocidad del viento		0,0 Km/h - 0,0 m/s		t <sub>1</sub> : 25 °C					POSTE																																
Hipótesis II	Máximo Esfuerzo c/v		Velocidad del viento		70,0 Km/h - 19,4 m/s		t <sub>2</sub> : 5 °C		e : 0,00 mm			Tipo = CONCRETO																																
Hipótesis III	Máximo Esfuerzo s/v		Velocidad del viento		0,0 Km/h - 0,0 m/s		t <sub>3</sub> : 0 °C					Longitud = 12 m																																
Hipótesis IV	Flecha Máxima		Velocidad del viento		0,0 Km/h - 0,0 m/s		t <sub>4</sub> : 40 °C					Altura util del poste (m) = 10,8																																
											Altura de Seguridad Min. = 7,0 m																																	
VANO (m)	HIPOTESIS I			HIPOTESIS II			HIPOTESIS III			HIPOTESIS IV			Altura de seguridad (m)	Comentario																														
	T (N)	σ (N/mm <sup>2</sup> )	f (m)	T (N)	σ (N/mm <sup>2</sup> )	f (m)	T (N)	σ (N/mm <sup>2</sup> )	f (m)	T (N)	σ (N/mm <sup>2</sup> )	f (m)																																
43,000	1756,09	50,17	0,121	2773,75	79,25	0,165	2950,92	84,31	0,072	1093,15	31,23	0,195	10,61	cumple																														
81,000	1756,09	50,17	0,431	2855,02	81,57	0,569	2879,35	82,27	0,263	1203,09	34,37	0,629	10,17	cumple																														
115,000	1756,09	50,17	0,868	2943,25	84,09	1,113	2785,26	79,58	0,547	1293,96	36,97	1,178	9,62	cumple																														
160,000	1756,09	50,17	1,681	3060,51	87,44	2,072	2632,61	75,22	1,121	1392,01	39,77	2,120	8,68	cumple																														
191,000	1756,09	50,17	2,395	3135,04	89,57	2,882	2520,87	72,02	1,668	1445,78	41,31	2,909	7,89	cumple																														
152,000	1756,09	50,17	1,517	3040,27	86,86	1,882	2661,13	76,03	1,001	1376,41	39,33	1,935	8,86	cumple																														
39,000	1756,09	50,17	0,100	2767,26	79,06	0,136	2956,06	84,46	0,059	1082,38	30,93	0,162	10,64	cumple																														
97,000	1756,09	50,17	0,618	2895,76	82,74	0,805	2838,11	81,09	0,382	1247,53	35,64	0,869	9,93	cumple																														
131,000	1756,09	50,17	1,127	2985,68	85,31	1,423	2733,62	78,10	0,724	1331,75	38,05	1,486	9,31	cumple																														
134,000	1756,09	50,17	1,179	2993,58	85,53	1,486	2723,54	77,82	0,760	1338,47	38,24	1,547	9,25	cumple																														
197,000	1756,09	50,17	2,548	3148,67	89,96	3,053	2499,48	71,41	1,790	1455,05	41,57	3,075	7,72	cumple																														
183,000	1756,09	50,17	2,199	3116,45	89,04	2,662	2549,62	72,85	1,514	1432,87	40,94	2,695	8,11	cumple																														
188,000	1756,09	50,17	2,320	3128,12	89,37	2,799	2531,63	72,33	1,609	1441,01	41,17	2,828	7,97	cumple																														
35,000	1756,09	50,17	0,080	2761,28	78,89	0,110	2960,71	84,59	0,048	1072,09	30,63	0,132	10,67	cumple																														
113,000	1756,09	50,17	0,838	2937,94	83,94	1,076	2791,43	79,76	0,527	1289,00	36,83	1,142	9,66	cumple																														
38,000	1756,09	50,17	0,095	2765,71	79,02	0,129	2957,27	84,49	0,056	1079,76	30,85	0,154	10,65	cumple																														

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.16 Cálculo mecánico de estructuras de concreto

#### 3.1.16.1 Selección de la longitud del poste

##### Longitud del poste

Para el cálculo mecánico de estructuras de concreto se tomaron en cuenta las normas exigidas por el Ministerio de energía y Minas de la Norma DGE. Es la distancia que tiene el poste desde el diámetro de la punta hasta el diámetro de la base su medida está en metros. A continuación, se describe los factores de seguridad mínimas respecto a las cargas de rotura:

- a) En condiciones normales: C.S >2
- b) En condiciones anormales del conductor: C.S 1.5

Para la selección de la longitud de un poste se determinará por la siguiente ecuación.

$$L_p = DMT + f + DDPAC + H_t \quad \text{Ecuación 68}$$

##### Donde

**L<sub>p</sub>** = Longitud del poste (m)

**H<sub>t</sub>** = Altura de empotramiento (m)

**DMT** = Distancia mínima del conductor a superficie del terreno (m)

**f** = Flecha máxima (m)

**DDPAC**= Distancia del diámetro de la punta al último conductor (m)

##### Nota:

- 1) El dato de la DMT se obtendrá de la norma DGE (**R.D. N° 031-2003-EM/DGE**).
- 2) DDPAC se obtendrá de catálogos de proveedores de postes de concreto armado, el catálogo que usaremos para cálculos será Fabinco.S.A.

#### 3.1.16.2 Fuerza del viento sobre el poste

##### Fuerza del viento

Al igual que el aire ejerce una poderosa resistencia al avance de cuerpos como

autos y aeronaves, también el viento ejerce una fuerza extraordinaria sobre los objetos que encuentra a su paso como edificios, árboles, mallas publicitarias, postes, etc.

La fuerza del viento sobre el poste se determinará con la siguiente ecuación:

$$F_{vp} = P_v * A_{pv} \dots \text{Ecuación 69}$$

**Donde** :

**F<sub>vp</sub>** = Fuerza del viento sobre el poste (kg)

**P<sub>v</sub>** = Presión debido al viento (kg/m<sup>2</sup>)

**A<sub>pv</sub>** = Área del poste expuesto al viento (m<sup>2</sup>)

**Nota:**

- 1) La Presión debido al viento se obtendrá del Código Nacional de Electricidad.

### **Área del poste expuesto al viento**

El área es la medida de la región o superficie encerrada de una figura geométrica en el caso del poste de concreto armado en es una figura trapezoidal cilíndrica.

El área del poste expuesto al viento se determinara por la siguiente ecuación:

$$A_{pv} = H_{pv} \left( \frac{d_p + d_e}{2} \right) \dots \text{Ecuación 70}$$

**Donde** :

**A<sub>pv</sub>** = Área del poste expuesto al viento (m<sup>2</sup>)

**H<sub>pv</sub>** = altura del poste expuesto al viento (m)

**d<sub>p</sub>** = diámetro del poste en la punta (m)

**d<sub>e</sub>** = diámetro del poste en el empotramiento (m)

### **Diámetro del poste en el punto de empotramiento**

Punto de empotramiento es el punto que se encuentra entre la superficie

enterada y la superficie expuesta al aire de un poste de concreto armado cuyo diámetro sería el segmento de recta que pasa por el centro y uno de los puntos opuestos de la circunferencia.

El diámetro del poste en el punto de empotramiento se determinará con la siguiente ecuación:

$$d_e = d_b - \left( \frac{d_b - d_p}{H_{pv} + H_t} \right) * H_t \dots \text{Ecuación 71}$$

**Donde** :

**De** = Diámetro en el punto de empotramiento (m)

**db** = Diámetro del poste en la base (m)

**dp** = Diámetro del poste en la punta (m)

**Ht** = Altura de empotramiento (m)

**Hpv** = Altura del poste expuesto al viento (m)

#### **Altura de empotramiento**

La altura de empotramiento es la altura que el poste será enterrado en un terreno en su instalación.

La altura de empotramiento se determinará con la siguiente ecuación:

$$H_t = \frac{L_p}{7} \text{ o } \frac{L_p}{10} \dots \text{Ecuación 72}$$

**Donde** :

**Ht** = Altura de empotramiento (m)

**Lp** = Longitud del poste (m)

#### **Nota:**

- 1) Se usará la fórmula  $L_p/7$  si no se usa macizo y de usarse macizo se usará la fórmula  $L_p/10$ .

### 3.1.16.3 Fuerza sobre los conductores

#### Fuerza total sobre los conductores

Los conductores están expuestas a fuerzas como del viento y de esfuerzo por el cual es importante determinar ambas fuerzas para obtener el total de fuerza que el conductor está expuesta.

La fuerza sobre los conductores se determinará con la siguiente ecuación:

$$F_c = T_c + F_{vc} \dots \text{Ecuación 73}$$

**Donde** :

**F<sub>c</sub>** = Fuerza sobre el conductor (kg/mm<sup>2</sup>)

**T<sub>c</sub>** = Tracción de los conductores (kg/mm<sup>2</sup>)

**F<sub>vc</sub>** = Fuerza del viento sobre los conductores (kg/mm<sup>2</sup>)

#### Tracción del conductor

Esta fuerza se calcula para el máximo esfuerzo de trabajo de los conductores.

La tracción del conductor se determinará con la siguiente ecuación:

$$T_c = 2T \sin \frac{\alpha}{2} \dots \text{Ecuación 74}$$

**Donde** :

**T<sub>c</sub>** = tracción del conductor (kg/mm<sup>2</sup>)

**T** = máximo tiro de trabajo (kg/mm<sup>2</sup>)

**A** = Angulo de la línea (mm<sup>2</sup>)

#### Fuerza del viento sobre los conductores

Es la fuerza que se ejerce sobre el conductor debido al viento.

La fuerza del viento sobre los conductores se determinará con la siguiente ecuación:

$$F_{vc} = L' * \phi_c * P_v * \cos \frac{\alpha}{2} \dots \text{Ecuación 75}$$

Donde:

$F_{vc}$  = Fuerza del viento sobre el conductor ( $\text{kg/mm}^2$ )

$L'$  = Vano básico (m)

$\phi_c$  = Diámetro exterior del conductor (m)

$P_v$  = Presión del viento ( $\text{kg/mm}^2$ )

$\alpha$  = Ángulo de la línea

### 3.1.16.4 Fuerza en la punta del poste

#### Fuerza en la punta del poste de concreto

La fuerza en la punta del poste de concreto se determinara con la siguiente ecuación:

$$F_p = \frac{M_t}{H_e} \dots \text{Ecuación 76}$$

**Donde** :

$F_p$  = Fuerza en la punta del poste (kg)

$M_t$  = Momento total (kg-m)

$H_e$  = Altura equivalente (m)

**Nota:**

- 1) La fuerza estará aplicada a 20 cm de la punta del poste.

### 3.1.16.5 Cálculo de momentos

**El momento** Es un valor que indica la tendencia de rotación que provoca una fuerza aplicada sobre un cuerpo, respecto a un punto llamado centro de rotación.

- Momento debido a la carga del viento sobre los conductores:

$$M_{vc} = (P_v) (d) (\phi_c) (\sum h_i) \text{Cos}(\alpha/2)$$

- Momento debido a la carga de los conductores:

$$MTC = 2 (T_c) (\sum h_i) \text{Sen}(\alpha/2)$$

- Momento debido a la carga de los conductores en estructuras terminales:

$$MTR = Tc (\Sigma hi)$$

- Momento debido a la carga del viento sobre la estructura

$$MVP = [ ( Pv ) ( hl )^2 ( Dm + 2 Do ) ] / 600$$

- Momento torsor debido a la rotura del conductor en extremo de cruceta:

$$Mt = [ ( RC ) ( TC ) ( Cos \alpha/2 ) ] [ BC ]$$

- Momento flector debido a la rotura del conductor en extremo de cruceta:

$$Mf = [ ( RC ) ( TC ) ( Cos \alpha /2 ) ] ( hA )$$

- Momento total equivalente por rotura del conductor:

$$MTE = ( Mf/2 ) + ( 1/2 ) \sqrt{ ( Mf )^2 + ( Mt )^2 }$$

- Momento debido al desequilibrio de cargas verticales

$$MCW = ( BC ) [ ( WC ) ( L ) ( Kr ) + WCA + WAD ]$$

- Momento total para hipótesis de condiciones normales, en estructura de alineamiento, sin retenidas:

$$MRN = MVC + MTC + MCW + MVP$$

- Momento total para hipótesis de rotura del conductor en extremo de cruceta

$$MRF = MVC + MTC + MTE + MVP$$

- Momento total en estructuras terminales

$$MRN = MTC + MVP$$

- Carga en la punta del poste de concreto, en hipótesis de condiciones normales:

$$QN = (MRN)/ hl - 0.15$$

### **Simbología:**

Pv = Presión del viento sobre superficies cilíndricas, en Pa

d = Longitud del vano-viento, en m

Tc = Carga del conductor, en N

φc = Diámetro del conductor, en m

$\alpha$  = Angulo de desvío topográfico, en grados

$D_o$  = Diámetro del poste en la cabeza, en cm

$D_m$  = Diámetro del poste en la línea de empotramiento, en cm

$h_l$  = Altura libre del poste, en m

$h_i$  = Altura de la carga  $i$  en la estructura con respecto al terreno, en m

$h_A$  = Altura del conductor roto, respecto al terreno, en m

$B_c$  = Brazo de la cruceta, en m

$R_c$  = Factor de reducción de la carga del conductor por rotura: 0.5 (según CNE)

$W_c$  = Peso del conductor, en N/m

$W_{CA}$  = Peso del aislador tipo Pin, en N

$W_{AD}$  = Peso de un hombre con herramientas, igual a 1000 N

$C$  = Circunferencia del poste en la línea de empotramiento en cm

$E$  = Módulo de Elasticidad del poste, en N/cm<sup>2</sup>

$I$  = Momento de inercia del poste, en cm<sup>2</sup>

$k$  = Factor que depende de la forma de fijación de los extremos del poste

$h_c$  = Lado de cruceta paralelo a la carga, en cm

$b$  = Lado de cruceta perpendicular a la carga, en cm

$\Sigma QV$  = Sumatoria de cargas verticales, en N (incluye peso de aislador, conductor y de 1 hombre con herramientas).

### 3.1.17 Cálculo de retenidas

Para compensar los esfuerzos mayores a 300 kg en los postes se usarán retenidas cuyas características son según la norma DGE (**R.D. N° 031-2003-EM/DGE**):

- ✓ Material: Acero galvanizado
- ✓ Número de hilos: 7
- ✓ Diámetro del conductor: 10 mm
- ✓ Angulo de inclinación: 30°
- ✓ Carga de rotura: 3154.6 kg
- ✓ Factor de seguridad: 2

Fórmula aplicar

$$F_p = \frac{T_r * \sin \theta * H_r}{H_e} \dots \text{Ecuación 77}$$

**Donde** :

**Tr** = Tiro de trabajo de la retenida (kg)

**Hr** = Altura de la retenida (m)

**Fp** = Fuerza en la punta (kg)

**He** = Altura equivalente (m)

**Tabla 57: Cálculo mecánico de estructuras y retenidas**

<b>CALCULO MECANICO DE ESTRUCTURAS (EDS = 18%)</b>										
				<b>DATOS DEL CONDUCTOR</b>			<b>DATOS DEL POSTE</b>			
Especificación				Conductor	<b>AAAC desnudo 35 mm<sup>2</sup></b>		Grupo	<b>12 m C.A.C.</b>	N	<b>3.000,00</b>
Tipo de estructura	TS3-3, PSEC-3, PA1-3, PS1-3, PA3-3, PR3-3,STB			Conformación	mm <sup>2</sup>	AAAC desnudo 35 mm <sup>2</sup>	Longitud del poste	hp	m	12,00
Aliniamiento	<b>angulo 0°-5°</b>			Diámetro	mm	7,56	Longitud de empotramien	Le	m	1,50
Velocidad del viento	V	km/h	70	Peso unitario	N/m	9,037	Altura útil del poste	h	m	10,50
Presión del viento	Pv	N/m <sup>2</sup>	201,89	Vano viento	m	V v	Diámetro en la punta	Do	mm	150,00
Angulo de retenida	Ar	grad	30	Vano peso	m	1,1 Vv	Diámetro de empotramier	Dm	mm	270,00
Carga de rotura de retenida	Cn	N	30920	Angulo de desvío	<b>grad</b>	<b>90</b>	Carga de trabajo	Ct	N	1.363,64
				Altura aplicación de fuerz:	m	10,30	Factor de seguridad mínii	Fs		2,20
							Carga de rotura	Cr	N	3.000,00
							Peso del poste	Pp	N	4.708,80
							Carga critica a la compresion		N	<b>132335,33</b>
							Ubicación de la ferretería			0,20

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 58: Resumen cálculo Mecánico de estructuras y retenidas**

V (km/h) 70	ANGULO TOPOGRAFICO 90				PARAMETROS DE LA ESTRUCTURA									
	Vano Viento (m)	Tiro Máximo (N)	MVP (N-m)	MVC (N-m)	MTC (N-m)	MRN (N-m)	Esfuerzo Total Empot. (Mpa)	Fuerza Equivalente Punta (N)	FLEXION DEL POSTE		RETENIDA			
									Coef Segur. > 2,0	Requer. Retenida	Tiro Horizontal (N)	Tiro Vertical (N)	Tiro Cable (N)	C.S. >2
43,000	2773,75	2114,54	675,99	2492,38	5282,92	2,77	512,90	5,85	NO					
81,000	2855,02	2114,54	1272,17	58813,48	62200,19	32,56	6038,85	0,50	SI	6038,85	10459,60	12077,71	2,56	
115,000	2943,25	2114,54	1806,17	2644,69	6565,40	3,44	637,42	4,71	NO					
160,000	3060,51	2114,54	2501,54	6590,16	11206,24	5,87	1087,98	2,76	NO					
191,000	3135,04	2114,54	2123,20	45666,23	49903,98	26,12	4845,05	0,62	SI	4845,05	8391,87	9690,09	3,19	
152,000	3040,27	2114,54	2387,28	2731,87	7233,69	3,79	702,30	4,27	NO					
39,000	2767,26	2114,54	0,00	57005,50	59120,04	30,95	5739,81	0,52	SI	5739,81	9941,64	11479,62	2,69	
97,000	2895,76	2114,54	1523,46	2602,01	6240,02	3,27	605,83	4,95	NO					
131,000	2985,68	2114,54	2057,46	2682,81	6854,81	3,59	665,52	4,51	NO					
134,000	2993,58	2114,54	1489,58	43605,70	47209,82	24,71	4583,48	0,65	SI	4583,48	7938,82	9166,96	3,37	
197,000	3148,67	2114,54	3094,04	2829,27	8037,85	4,21	780,37	3,84	NO					
183,000	3116,45	2114,54	2874,16	2800,31	7789,02	4,08	756,22	3,97	NO					
188,000	3128,12	2114,54	2952,69	2810,80	7878,04	4,12	764,86	3,92	NO					
35,000	2761,28	2114,54	0,00	56882,44	58996,98	30,88	5727,86	0,52	SI	5727,86	9920,95	11455,73	2,70	
113,000	2937,94	2114,54	0,00	60521,58	62636,12	32,79	6081,18	0,49	SI	6081,18	10532,91	12162,35	2,54	
38,000	2765,71	2114,54	596,82	2485,16	5196,52	2,72	504,52	5,95	NO					

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 59: Cálculo compresión del poste**

Conductor (N)	Técnico (N)	Cargas Verticales			Coef. Segur. >2
		Retenida (N)	Poste (N)	TOTAL (N)	
427,45	981		4708,80	6117,25	21,63
805,19	981	10459,60	4708,80	16954,60	7,81
1143,18	981		4708,80	6832,98	19,37
1590,51	981		4708,80	7280,31	18,18
1898,67	981	8391,87	4708,80	15980,33	8,28
1510,98	981		4708,80	7200,78	18,38
387,69	981	9941,64	4708,80	16019,13	8,26
964,24	981		4708,80	6654,04	19,89
1302,23	981		4708,80	6992,03	18,93
1332,05	981	7938,82	4708,80	14960,67	8,85
1958,31	981		4708,80	7648,11	17,30
1819,14	981		4708,80	7508,94	17,62
1868,85	981		4708,80	7558,65	17,51
347,92	982	9920,95	4708,80	15959,67	8,29
1123,30	983	10532,91	4708,80	17348,00	7,63
377,75	984		4708,80	6070,55	21,80

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.1.18 Cálculo del bloque de anclaje

En todo diseño del bloque de anclaje, las variables son el máximo tiro que soporta la retenida, el ángulo que hace el cable de la retenida con la horizontal y el tipo de suelo, determinadas estas variables se tiene:

$F = 3160 \text{ Kg.}$  (Máximo Tiro de trabajo de la retenida)

$\delta = 1600 \text{ Kg/m}^3$  (Peso específico del suelo)

$C = 2100 \text{ Kg/m}^3$  (Densidad de terreno)

$\mu = 0,25$  (coeficiente de fricción)

Angulo cable retenida con la horizontal :  $53^\circ$ .

Profundidad del hoyo de retenida : 2,00 m

Dimensiones dado de anclaje : 0,50x0,50x0,20m.

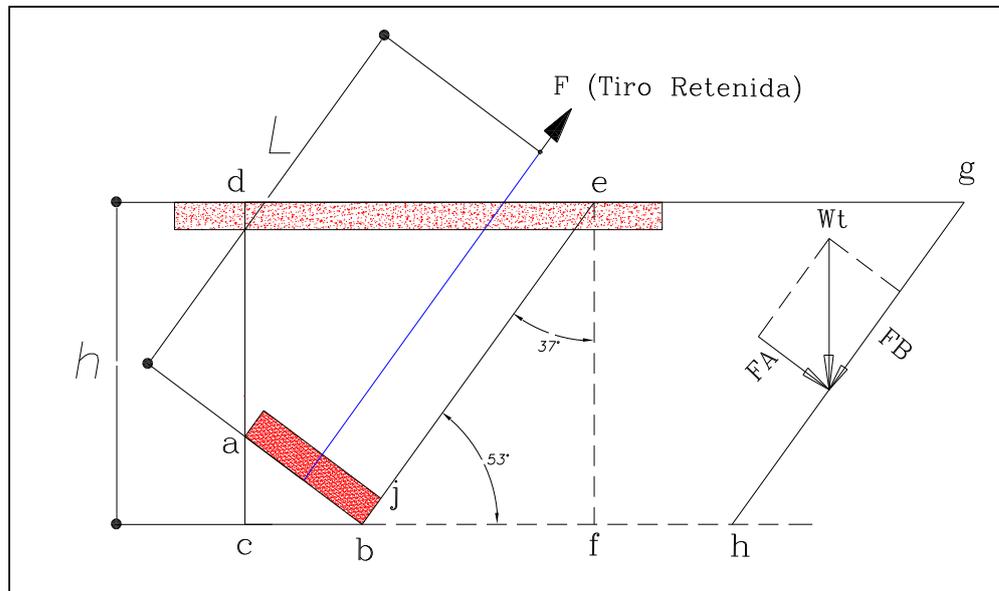
A continuación, se muestra en resumen el cálculo de bloque de anclaje

DISEÑO DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA UTILIZANDO LA CASCARILLA DE ARROZ PARA REDUCIR COSTOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS MOLINOS DE ARROZ DE LA PROVINCIA DE JAÉN

EST. EDWIN J. ALCÁNTARA GÓMEZ

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

**CALCULO DEL BLOQUE DE ANCLAJE**



**BLOQUE DE ANCLAJE :**

Ancho ( a )	m	0,50
Longitud ( b )	m	0,50
Espesor ( e )	m	0,20
Peso específico del concreto ( $\delta_c$ )	Kg/m <sup>3</sup>	2400,00

**DATOS DE HOYO**

Profundidad ( h )	m	2
-------------------	---	---

**VARILLA DE ANCLAJE :**

Diámetro	mm	15,88
Longitud fuera del terreno ( $L_e$ )	m	0,2
Longitud de fijación de ferretería ( $L_f$ )	m	0
Angulo de fijación con respecto a la vertical ( $\beta$ )	°	37
Máximo tiro que soporta (Tr)/C.S = F	Kg	3160,00

**Fuente:** Elaboración propia

**TERRENO :**

Con arena y grava		
Peso específico del terreno ( $\delta$ )	Kg/m <sup>3</sup>	1600,00
Angulo de deslizamiento con la vertical ( $\alpha$ )	°	53
Presión máxima admisible	Kg/m <sup>2</sup>	2,50E+04
Coefficiente de fricción ( $\mu$ )		0,25

**LONGITUD MINIMA DE LA VARILLA DE ANCLAJE:**

$$L_m = L_f + (h / \cos \beta) + L_e$$

Lm	2,70	m
Seleccionamos, varilla de L :	2,40	m

**CALCULO DE VOLUMENES**

Lado ac	0,30	m
lado bc	0,40	m
Lado bf = $h \times \tan \beta$	1,51	m
Lado cf = bc + bf	1,91	

Area de Relleno Ar:

$$Ar = (\text{Area rectangulo defc}) - (\text{Area triángulo abc}) - (\text{Area triángulo bef}) - (\text{Area dado concreto})$$

Ar	2,15	m <sup>2</sup>
----	------	----------------

Volumen del terreno para contrarrestar en tiro de la retenida: Vt

$$V_t = (Ar) \times (\text{ancho de bloque de concreto})$$

Vt	1,07	m <sup>3</sup>
----	------	----------------

Peso de Volumen del terreno Pt

$$P_t = \delta \times V_t$$

Peso del Bloque de concreto Pb

$$P_b = \delta_c \times (a \times b \times c)$$

**Fuente:** Elaboración propia

Peso Total  $W_t$

$W_t = P_t + P_b$	1836,53	Kg
-------------------	---------	----

### CALCULO DE LA FUERZA RESISTENTE ( $F_r$ )

Del diagrama descomponemos a la fuerza  $W_t$ :

$F_A = W_t \times \cos\beta$	1466,72	Kg
------------------------------	---------	----

$F_B = W_t \times \cos\alpha$	1105,25	Kg
-------------------------------	---------	----

Si el peso del bloque de anclaje + el relleno, no es suficiente, el cable de retenida se liberará, haciendo colapsar las estructuras, por tanto se tomara como factor de seguridad a:

$$F_r/F \geq 2$$

Donde:

$F_r$  Fuerza resistente

$F$  Tiro de retenida

La fuerza de Fricción, es todo el contorno de las paredes del relleno (suelo del relleno contra el suelo existente, por tanto la Fuerza lateral ( $F_1$ ) es:

$F_1 = 2 \times (\mu \times \delta \times h \times A_r)$	3433,06	Kg
--	---------	----

Fuerza Resiste ( $F_r$ )

$F_r = F_A + (\mu \times F_B) + F_1$	6005,29	Kg
--------------------------------------	---------	----

Por lo Tanto:

$F_r/F$	1,90
---------	------

La fuerza  $F_A$ , en el plano "gh", es la fuerza neta que se opone al deslizamiento. La fuerza  $F_B$  es normal al plano de deslizamiento, y su componente en dicho plano es  $\mu F_B$ , la cual también se opone al deslizamiento por ser componente de  $W_t$ .

El relleno se efectuará con material propio y será compactadas al 95% de la máxima densidad del suelo seco

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.1.19 Análisis económico del proyecto

- **Potencia a instalar** = 300KW
- **Tiempo de operación (Horas)**

*Tiempo de operación = horas diarias de trabajo \* dias al mes \* meses al año*

$$Tiempo de operación = 10 * 26 * 12$$

$$Tiempo de operación = 3120$$

- **Factor de carga** = 0,33
- **Energía**

$$Energía = Pot_{inst} * Tiempo * Fc$$
$$Energía = 300 * 3120 * 0,33$$

$$Energía = 308 880 kW - h$$

- **Tarifa de ELECTRO ORIENTE** = 0,3473 S/. /kW-h
- **Tiempo de vida estimado** = 20 años
- **Costo Total**

$$\text{Costo Total} = \text{Suministro} + \text{montaje} + \text{transporte}$$
$$\text{Costo Total} = \text{Suministro} + \text{Montaje} + 8\% \text{ Suministro}$$

$$\text{Costo Total} = 379643,48 + 169154,48 + (0,08 * 379643,48)$$

$$\text{Costo Total} = S/.579169,4384$$

- **Inversión Inicial**

Solo en el año 0 habrá una inversión de S/. 579169,4384

- **Costo de operación y mantenimiento**

Empezara a partir del primer año siendo el 5% de la inversión inicial teniendo un valor monetario de S/.28958,4719 soles por año.

- **Ahorro**

Comienza a partir del primer año cuando se comienza a generar energía y tiene una tarifa de referencia que la impone ELECTRO ORIENTE de 0,3473 soles S/. /kW-h, la cual permite tener un ahorro en lo que se paga a la empresa prestadora del servicio eléctrico.

$$\begin{aligned} \text{ahorro} &= E * \text{tarifa} \\ \text{ahorro} &= 308880 * 0,3473 \\ \text{ahorro} &= \text{S/}. 107274,024/\text{año} \end{aligned}$$

- **Beneficio**

$$\begin{aligned} \text{beneficio} &= \text{ahorro} - \text{mantenimiento} \\ \text{beneficio} &= 107274,024 - 28958,4192 \\ \text{beneficio} &= \text{S/}. 78315,54 \end{aligned}$$

### 3.1.20 Flujo de caja

A continuación, se presenta el Flujo de Caja del proyecto, con una vida útil de 20 años. Este flujo permite calcular el beneficio neto del proyecto que es la relación o diferencia de los flujos de los ingresos menos el flujo de los egresos.

De los datos obtenidos se calcula el Valor Actual Neto (VAN), La relación Beneficio/ Costo (B/C) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

**Tabla 60: Flujo de caja**

Periodo/años	0	1	2	3	4	.....	19	20
Inversión Inicial	-579169,76	0	0	0	0		0	0
Costo de Operación y Mantenimiento	0	-28958,487	-28958,487	-28958,487	-28958,487		-28958,487	-28958,487
Ahorro	0	107274,024	107274,024	107274,024	107274,024		107274,024	107274,024
Beneficio	-579169,76	78315,54	78315,54	78315,54	78315,54		78315,54	78315,54

**Fuente:** Elaboración propia

➤ **Valor actual neto (VAN)**

El valor actual neto (VAN), conocido también como valor presente neto (VPN), se define como la diferencia de la sumatoria de los beneficios y la sumatoria de los costos que son actualizados a una tasa de interés fija, menos la inversión en el momento cero. Es la suma algebraica de los valores actualizados del flujo neto de fondos del proyecto en el horizonte de planeamiento, menos la inversión del año base. Su representación matemática del VAN es la siguiente:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+i)^n} - I_0 \dots \text{Ecuación 78}$$

Donde:

VAN = valor actual neto

$BN_t$  = beneficios netos en el periodo t

$I_0$  = inversión inicial

i = tasa de rendimiento requerida (10%)

t = periodos de tiempo

n = número de periodos

**Entonces aplicando la fórmula en el flujo de caja se obtiene un VAN = S/. 87574,55**

➤ **Tasa de interés de retorno (TIR)**

La tasa interna de retorno es aquella tasa de descuento para la cual el valor actualizado de los beneficios y costos del proyecto resulta igual a cero. También se define como aquel factor de actualización tal como “r” para la cual el valor actual neto resulta igual a cero. Su presentación matemática es el siguiente:

$$TIR = i_1 + \frac{VAN_1(i_2 - i_1)}{VAN_1 + VAN_2} \dots \text{Ecuación 79}$$

Donde:

TIR = tasa interna de retorno

VAN1 = valor actual neto positivo

VAN2 = valor actual neto negativo

$i_1$  = tasa de descuento bajo

$i_2$  = tasa de descuento alto

**Aplicando la fórmula en el flujo de caja se obtiene un TIR = 12%**

➤ **Relación Beneficio/Costo**

En este sentido, la eficiencia económica del capital invertido se puede medir a través de la razón beneficio/costo, que es equivalente al valor actualizado de los beneficios y costos, que se calcula conociendo la corriente de beneficios y costos del proyecto.

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}} \dots \text{Ecuación 80}$$

Donde:

B<sub>t</sub>= beneficio en el periodo t

C<sub>t</sub>= costo en el periodo t

i = tasa de rendimiento (10%)

n = número de periodos

Aplicando la Fórmula en en el flujo de caja se obtiene un B/C = 1.22

### ➤ **EL LCOE**

Se define como el coste teórico de generar energía eléctrica, este término es muy importante para saber si estamos en paridad de red, incluye la inversión inicial, tasa de descuento, así como los costos de mantenimiento. La fórmula para analizarlo es la siguiente:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}} \dots \text{Ecuación 81}$$

Dónde:

t= Vida estimada de la instalación = 20

I<sub>t</sub> = Inversión inicial = S/ 553729,72

M<sub>t</sub> = Costo de operación y mantenimiento = S/. 27686,486

E<sub>t</sub> = Energía generada/año de la central = 308880 kW - h

r = Tasa de descuento = 10%

**Aplicando la Fórmula se obtiene un LCOE = 0,29**

### • **Diferencia**

Diferencia = Costo de energía SEIN – Costo de energía generada

$$\text{Diferencia} = 0,3473 - 0,29$$

$$\text{Diferencia} = 0.0573 \text{ S/./kW} - \text{h}$$

### 3.1.20.1 Cálculo de ahorro en los molinos

**Tabla 61: Tabla de ahorro en el Molino Los Cocos**

Molino Los Cocos					
Mes	Importe (S/.)	Energía Consumida (KW.h)	Energía Generada (KW.h)	Ahorro por energía Generada	Importe mensual incluyendo energía generada
<b>Enero</b>	12325,36	31225,65	31225,65	1789,23	10536,13026
<b>Febrero</b>	17250,41	36658,12	36658,12	2100,51	15149,89972
<b>Marzo</b>	9500,3	30205,98	30205,98	1730,80	7769,497346
<b>Abril</b>	11125,36	38265,95	38265,95	2192,64	8932,721065
<b>Mayo</b>	11124,25	27952,64	27952,64	1601,69	9522,563728
<b>Junio</b>	15689,65	54965,27	54965,27	3149,51	12540,14003
<b>Julio</b>	18651,85	55689,69	55689,69	3191,02	15460,83076
<b>Agosto</b>	18365,97	58943,27	58943,27	3377,45	14988,52063
<b>Septiembre</b>	16088,2	51369,21	51369,21	2943,46	13144,74427
<b>Octubre</b>	15987,82	51600,35	51600,35	2956,70	13031,11995
<b>Noviembre</b>	12956,24	29875,38	29875,38	1711,86	11244,38073
<b>Diciembre</b>	9025,87	17125,84	17125,84	981,31	8044,559368
<b>Total</b>	168091,28			27726,17	140365,11

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 62: Tabla de ahorro en el Molino el Agricultor**

Molino El Agricultor					
Mes	Importe (S/.)	Energía Consumida (KW.h)	Energía Generada (KW.h)	Ahorro por energía Generada	Importe mensual incluyendo energía generada
<b>Enero</b>	15224,12	50123,87	50123,87	2872,10	12352,0222
<b>Febrero</b>	12548,35	34698,25	34698,25	1988,21	10560,1403
<b>Marzo</b>	13659,25	36547,28	36547,28	2094,16	11565,0909
<b>Abril</b>	11225,89	36943,28	36943,28	2116,85	9109,04006
<b>Mayo</b>	9897,25	31589,21	31589,21	1810,06	8087,18827

<b>Junio</b>	13225,64	43268,57	43268,57	2479,29	10746,3509
<b>Julio</b>	13226,14	41236,58	41236,58	2362,86	10863,284
<b>Agosto</b>	11025,31	34953,21	34953,21	2002,82	9022,49107
<b>Septiembre</b>	10301,87	30125,14	30125,14	1726,17	8575,69948
<b>Octubre</b>	10225,68	29548,28	29548,28	1693,12	8532,56356
<b>Noviembre</b>	9889,65	30123,65	30123,65	1726,09	8163,56486
<b>Diciembre</b>	15226,57	50157,25	50157,25	2874,01	12352,5596
<b>Total</b>	145675,72			25745,72	119929,995

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 63: Tabla de ahorro en el Molino Nueva Villa**

Molino Nueva Villa					
Mes	Importe (S/.)	Energía Consumida (KW.h)	Energía Generada (KW.h)	Ahorro por energía Generada	Importe mensual incluyendo energía generada
<b>Enero</b>	27212,35	97548,24	78000	4469,40	22742,95
<b>Febrero</b>	21124,35	69364,28	78000	4469,40	16654,95
<b>Marzo</b>	16889,65	53214,87	78000	4469,40	12420,25
<b>Abril</b>	18025,34	65214,28	78000	4469,40	13555,94
<b>Mayo</b>	20987,69	72365,24	78000	4469,40	16518,29
<b>Junio</b>	23014,97	84361,57	78000	4469,40	18545,57
<b>Julio</b>	24785,28	90125,87	78000	4469,40	20315,88
<b>Agosto</b>	20693,26	83625,24	78000	4469,40	16223,86
<b>Septiembre</b>	20165,84	67225,84	78000	4469,40	15696,44
<b>Octubre</b>	21687,58	71264,28	78000	4469,40	17218,18
<b>Noviembre</b>	15987,61	51658,54	78000	4469,40	11518,21
<b>Diciembre</b>	22945,87	75124,89	78000	4469,40	18476,47
<b>Total</b>	253519,79			53632,80	199886,99

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 64: Tabla de ahorro en el Molino el Sol**

Molino El Sol					
Mes	Importe (S/.)	Energía Consumida (KW.h)	Energía Generada (KW.h)	Ahorro por energía Generada	Importe mensual incluyendo energía generada
<b>Enero</b>	9001,20	26689,21	26689,21	1529,29	7471,91
<b>Febrero</b>	8567,23	28359,25	28359,25	1624,99	6942,24
<b>Marzo</b>	8025,64	27956,18	27956,18	1601,89	6423,75
<b>Abril</b>	6012,58	15223,64	15223,64	872,31	5140,27
<b>Mayo</b>	8500,27	27657,19	27657,19	1584,76	6915,51
<b>Junio</b>	10112,36	32114,17	32114,17	1840,14	8272,22
<b>Julio</b>	12654,87	36952,37	36952,37	2117,37	10537,50
<b>Agosto</b>	8003,21	26358,15	26358,15	1510,32	6492,89
<b>Septiembre</b>	8225,64	26315,47	26315,47	1507,88	6717,76
<b>Octubre</b>	8754,26	25896,38	25896,38	1483,86	7270,40
<b>Noviembre</b>	8652,37	21114,15	21114,15	1209,84	7442,53
<b>Diciembre</b>	8759,68	22367,26	22367,26	1281,64	7478,04
<b>Total</b>	105269,31			18164,30	87105,01

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 65: Resumen de ahorro con Ejecución del proyecto**

Molino	% de ahorro económico de energía anual	Ahorro económico anual en energía (S/.)
Los Cocos	100	27726,17
El Agricultor	100	25745,72
Nueva Villa	94%	53632,80
El Sol	100	18164,30
<b>Total</b>		125268,99

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 66: Tabla de resumen del análisis económico del proyecto**

Periodo/años	0	1	2	3	4	....	19	20
Inversión Inicial	-579169,76	0	0	0	0		0	0
Costo de Operación y Mantenimiento	0	-28958,487	-28958,487	-28958,487	-28958,487		-28958,487	-28958,487
Ahorro	0	107274,024	107274,024	107274,024	107274,024		107274,024	107274,024
Beneficio	-579169,76	78315,54	78315,54	78315,54	78315,54		78315,54	78315,54
Energía generada/año	0	308880	308880	308880	308880		308880	308880

**Fuente:** Elaboración propia

<b>Ingresos</b>	913284,239
<b>Egresos</b>	-750645,173
<b>VAN</b>	S/87574,55
<b>TIR</b>	12%
<b>B/C</b>	1,22
<b>LCOE</b>	0,29

- El tiempo de recuperación económica de la inversión del proyecto es de 4,62 años.

### **3.2 Discusión de Resultados**

Es importante el diseño de la central Termoeléctrica propuesta en el presente proyecto de investigación Todo comienza en el pilado del arroz en cascara en los molinos de arroz de la provincia de Jaén, el cual mayormente queman la cascarilla de arroz ocasionando una gran contaminación al medio ambiente, también venden la cascarilla de arroz a las industrias ladrilleras y en otras oportunidades arrojan el residuo del pilado de arroz a la basura. Ahora con el presente proyecto de investigación se pretende dar uso de esta biomasa para ser utilizada en un proceso de generación de energía, esta cascarilla de arroz será quemada calentando el agua que se encuentra dentro de la caldera pirotubular modelo RL-1.500, convirtiéndola en vapor de agua a una alta temperatura y presión, que será transportado por medio de tuberías hacia la turbina acoplada al generador modelo SST-040 que girará, generando así electricidad; mientras el recorrido del vapor de agua llega al condensador, donde se vuelve a convertir a estado líquido, llegando de esta manera al economizador el cual calienta el agua a una temperatura mínima de 40°C debido a que la tubería de la chimenea pasa por el economizador elevando su temperatura del agua, que volverá al caldero para seguir con el recorrido en un circuito cerrado.

Después se determinó el consumo de energía con un promedio de 46490,23 kW-h y producción de arroz en cáscara de los diferentes molinos, el cual se describen en los resultados del proyecto, después se calculó la potencia necesaria para poder generar energía eléctrica. Una vez con los resultados necesarios obtenidos se seleccionó los equipos para la generación de energía, así como también el diseño de la línea de distribución; y por último se realizó un análisis económico de la central termoeléctrica propuesta.

El proyecto es viable, y se justifica de la siguiente manera: El proyecto tiene una inversión inicial de S/579169,76

El valor actual neto (VAN) está midiendo en moneda nacional (en soles S/), cuanto más rico son los inversionistas por invertir en el proyecto en lugar de la alternativa de que rinde la tasa de actualización. (Costo de Oportunidad).

Considerando un costo de oportunidad del 10%, obtenemos un VAN de S/.87574,55 nuevos soles, el cual cumple que  $VAN > 1$ , lo que significa que el proyecto es rentable.

En la Relación Beneficio/Costo (B/C). Este indicador nos permite aceptar el proyecto como viable, ya que la razón beneficio/costo es mayor que uno, en los resultados se pudo obtener un  $B/C = 1.2$ , lo que quiere decir que por cada sol invertido se obtendrá una ganancia de 22 centavos.

La Tasa Interna de Retorno (TIR), es el interés máximo que puede pagar nuestro proyecto por los préstamos y recursos utilizados. Si deseamos que el proyecto recupere su inversión y los costos de operación durante la vida útil del proyecto debemos encontrar una TIR que sea mayor a la tasa de actualización y nuestro proyecto obtiene una tasa mucho mayor al costo de oportunidad (10%).

En el caso del proyecto, se determina un TIR del 12 % que es mucho más alto que el costo de oportunidad.

## **CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES**

#### 4. CONCLUSIONES

- La capacidad de producción en los molinos de arroz está entre 500 Ton/mes y 1500 Ton/mes, el consumo de energía está en el rango de 15223,64KW-h/mes a 97548,24 KW-h/mes. Así mismo el ingreso de arroz en cascara es de aproximadamente de 8605 Tn/año a 16086 Tn/año.
- La potencia máxima a generar para satisfacer la demanda de consumo de energía eléctrica en los molinos de arroz es de 300 kW.
- Se seleccionó una caldera pirotubular RL-1.500, cuya producción de vapor es de 1500kg/h y una potencia térmica de 116BHP; Una turbina Turbina-Generador modelo SST-040 cuya potencia de salida es de 300 kW. Y un transformador de 400 kVA de potencia. También se elaboró mediante el Software AutoCAD los planos de la Línea Primaria (LP) 22.9 kV. La selección de estructuras de concreto de 12 m, una longitud de línea de 2 km, un conductor de 1x35 mm<sup>2</sup>-AAAC, para la distribución de energía eléctrica a los molinos de arroz
- El proyecto es totalmente viable, se obtuvo un VAN de S/. 87574,55; un TIR de 12% y un costo de energía generada de 0,29 S/./KW – h, siendo más barato que el costo de energía SEIN de 0,3473 S/./KW – h, ; dado a que se cubre las demandas del consumo de energía de los molinos. La inversión inicial del proyecto es de S/. 579169,76, se establece la recuperación de la inversión en 3,4 años.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, J. (2009). TRANSFORMADORES. Obtenido de [http://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6735/mod\\_resource/content/1/7\\_transformador.pdf](http://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6735/mod_resource/content/1/7_transformador.pdf)
- Beyrut, N. (2012). *Física - Máquinas Eléctricas*. Veracruz, México. Obtenido de <https://catedra.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/cys/DI/MaqElec.pdf>
- Criollo, A., & Pinzón, E. (Junio de 2018). Evaluación del potencial técnico - económico de plantas de generación eléctricas basadas en calderas a biomasa y ciclo Rankine orgánico (ORC) para el aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Ecuador. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19464/1/CD-8859.pdf>
- Echeverría, M., & López, O. (Mayo de 2010). Caracterización energética de la cascarilla de arroz para su aplicación en la generación de energía termoeléctrica. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2058/1/CD-2863.pdf>
- García, S. (Diciembre de 2011). Especial Turbinas de Vapor. *ENERGIZA.org*, 3. Obtenido de <http://www.energiza.org/antiores/energizadiciembre2011.pdf>
- Gonzales, D., & Rivera, L. (2013). Mejora de los parámetros energéticos e impacto ambiental de la caldera de vapor en Postes del Norte S.A. mediante el cambio de carbón antracita por cáscara de arroz como combustible. Trujillo, Perú. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/6376>
- Guamán, N. (2011). ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA INFORMÁTICO PARA CONTROL DE CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO EN CALDERAS PERTENECIENTES A LA COMPAÑÍA CARTONES NACIONALES S.A. Cuenca, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/819/1/tn208.pdf>
- Kern, D. (1999). Procesos de Transferencia de Calor. (N. Marino, Trad.) Mexico, Mexico: MCGRAW HILL BOOK COMPANY, INC. Obtenido de [https://thunderbooks.files.wordpress.com/2009/06/procesos\\_de\\_transferencia\\_de\\_calor\\_-\\_kern\\_\\_31\\_ed\\_.pdf](https://thunderbooks.files.wordpress.com/2009/06/procesos_de_transferencia_de_calor_-_kern__31_ed_.pdf)
- Lapido, M., Vidal, D., & Madrigal, J. (2015). FUNCIONAMIENTO Y PÉRDIDAS EN CALDERAS PIROTUBULARES ESTUDIOS DE CASOS. Cuatro Caminos, Cienfuegos, Cuba: UNIVERSO SUR. Obtenido de [https://universosur.ucf.edu.cu/files/Func\\_y\\_perdidas\\_en\\_calderas\\_piro tubulares.pdf](https://universosur.ucf.edu.cu/files/Func_y_perdidas_en_calderas_piro tubulares.pdf)

Leyva, J. (24 de Noviembre de 2015). Diseño de un Sistema de Generación de Energía Eléctrica utilizando la cascarilla de arroz producido por las molineras de arroz de la Región Lambayeque. Chiclayo, Perú.

PLANTAS DE BIOGÁS - BIODIGESTORES INDUSTRIALES. (2018). *Aqualimpia Engineering e.K.* Obtenido de <https://www.aqualimpia.com/biodigestores/residuos/>

Prada, A., & Cortés, C. (2010). La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral. *ORINOQUIA* , 14, 155-170. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v14s1/v14s1a13.pdf>

Psetizki, V. (11 de Noviembre de 2009). La cascarilla de arroz un residuo de la industrialización del cereal que hasta ahora no era aprovechado en Uruguay, será quemada con fines energéticos. Montevideo. Obtenido de [https://www.bbc.com/mundo/ciencia\\_tecnologia/2009/11/091110\\_1500\\_cambio\\_clima\\_biomas\\_wbm](https://www.bbc.com/mundo/ciencia_tecnologia/2009/11/091110_1500_cambio_clima_biomas_wbm)

Quintana, S., & Salazar, J. (2017). DISEÑO DE UNA MINICENTRAL TERMOELÉCTRICA DE 5 KW, UTILIZANDO LA CASCARILLA DE ARROZ COMO COMBUSTIBLE EN EL CASERÍO MIRAFLORES - MONSEFÚ DEL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE. PIMENTEL, PERÚ. Obtenido de <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/uss/4329>

Sánchez, A. (Junio de 2017). Diseño de una planta de gasificación con cogeneración para el aprovechamiento energético de la cascarilla de arroz en un proceso industrial. Madrid, España. Obtenido de [http://oa.upm.es/47702/1/TFG\\_ALEJANDRO\\_SANCHEZ\\_LARIO.pdf](http://oa.upm.es/47702/1/TFG_ALEJANDRO_SANCHEZ_LARIO.pdf)

Tipanluisa, L. (Febrero de 2012). CARACTERIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE COMBUSTIÓN DE LA CASCARILLA DE ARROZ UTILIZANDO UN SISTEMA TÉRMICO CON CAPACIDAD DE 60000 Kcal/h. Sangolquí, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5191/1/T-ESPE-033112.pdf>

Velásquez, J. (Noviembre de 2014). EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE GENERACIÓN ENERGÉTICA CON CÁSCARA DE ARROZ EN LA ZONA DEL HUALLAGA CENTRAL DEL DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN. MOYOBAMBA, PERÚ. Obtenido de <http://www.dremsm.gob.pe/archivos/electricidad/Potencial%20energetico.pdf>

Yi Huaraz, C. (Abril de 2013). DISEÑO DE UN GASIFICADOR DE 25 KW PARA APLICACIONES DOMÉSTICAS USANDO COMO COMBUSTIBLE CASCARILLA DE ARROZ. LIMA, PERÚ. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/4497>

# **ANEXOS**

## ANEXO 1: FICHA DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

N°	Origen (País)	Año	Autores	Link (donde se puede encontrar el artículo (paper))	Institución o Journal / páginas donde está el paper (universidad,IEEE,ACM,etc)	Tema que aborda	Problema que enfrentó	¿Que se hizo?	¿Cómo se hizo? (El método que uso y las técnicas que uso)	¿Qué resultados obtuvo? (Hallazgos concretos)	Conclusiones relevantes
1	Madrid - España	2017	Sánchez, Alejandro	<a href="http://oa.upm.es.com">http://oa.upm.es.com</a>	Universidad Politécnica de Madrid - Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial	La generación de energía eléctrica en España	Incremento de la demanda energética en España	Diseño de una planta de gasificación con cogeneración para el aprovechamiento energético de la cascarilla de arroz en un proceso industrial	En términos de producción energética mediante la cogeneración utilizando como biomasa la cascarilla de arroz	El rendimiento del proceso de cogeneración mediante la gasificación de la biomasa residual es muy elevado, de un 60,95%. El rendimiento de la gasificación a gran escala es del 73,92%, mucho mayor al rendimiento obtenido con pequeños gasificadores que se sitúan entre el 30-50%.	La planta de cogeneración, cuya actividad utiliza un recurso propio de la zona, genera actividad económica y empleo en los sectores más tradicionales.
2	Quito - Ecuador	2018	Criolo Lema Alex Efrain; Pinzon Camacho Emer Javier	<a href="http://bibdigital.epn.edu.ec">http://bibdigital.epn.edu.ec</a>	Escuela Politécnica Nacional – Facultad de Ingeniería Mecánica	Potencial bioenergético bruto	El crecimiento de la población hace que el consumo de bienes y servicios aumente, con lo cual la demanda de energía y recursos crece continuamente	Evaluación del potencial técnico y económico de plantas de generación eléctrica basadas en calderas a biomasa y ciclo rankine orgánico (orc) para el aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Ecuador	Evaluar el potencial técnico y económico de plantas modulares y calderas a biomasa para la generación de energía eléctrica mediante la aplicación de un Ciclo Rankine Orgánico (ORC) usando como fuente de energía primaria la cascarilla de arroz	Para operar el sistema ORC sin ningún inconveniente en cuanto a biomasa se refiere se requiere que la(s) piladora(s) generen 1.880 t/año de cascarilla de arroz. Esto significa una capacidad de pilado de 2,55 t/h.	Se determinó que el fluido de trabajo ideal es el R245fa debido a que presenta alto rendimiento en el ciclo ORC, no es inflamable, presenta un bajo Potencial de destrucción de la capa de ozono y bajo Potencial de calentamiento global

Fuente: (Quintana & Salazar, 2017)

## ANEXO 2: GUÍA DE ANÁLISIS DE DOCUMENTOS

Objetivo: Conocer las normas técnicas ambientales y riesgos del proceso en la generación de energía eléctrica que están dadas por el DGE y el MEM.

NORMA	FINALIDAD	APLICACIÓN
Reglamento de la generación de la electricidad con energía renovables D.S.N° 050-2008-EM	Es de promover la inversión para la generación de electricidad con energía renovables.	Esta norma será aplicada en el proyecto en la utilización de biomasa (cascarilla de arroz), como principal fuente de energía
Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental LEY N° 27446	Reducir la presión provocada por la basura urbana, enriquecer el hábitat de la vida silvestre y ayudar a mantener la salud humana	Será aplicada en el proyecto para reducir contaminación de los residuos agrícolas o a la quema de estos mismos ya que será utilizado para el aprovechamiento de generación de energía
Reglamento de Seguridad e Higiene Ocupacional del Subsector de Electricidad R.M. N° 263 – 2006 – EM	Dar pautas para establecer las medidas de protección de los usuarios, como el personal que realiza las y actividades inherentes a la actividad eléctrica.	Esta norma será aplicada a respetar distancias mínimas de seguridad desde las viviendas a los postes que se instalarán
Ley de promoción del uso eficiente de la energía D.S. N° 053-2007-EM	Mejorar la competitividad del país, generar saldos exportables de energéticos, reducir el impacto ambiental, proteger al consumidor y fortalecer la toma de conciencia en la población sobre la importancia del Uso Eficiente de la Energía	Se aplicara para los estándares mínimos del eficiencia de nuestro proyecto de generación de energía

Fuente: (Quintana & Salazar, 2017)

Anexo 04: Tabla de los valores de Entalpia y Entropía

TABLA DE TEMPERATURA. AGUA SATURADA

SISTEMA INTERNACIONAL

SISTEMA INTERNACIONAL		Volumen del Líquido	Volumen del Vapor	Energía interna del Líquido	Energía interna de Evaporización	Energía interna del Vapor	Entalpia del Líquido	Entalpia de Evaporización	Entalpia del Vapor	Entropía del Líquido	Entropía de Evaporización	Entropía del Vapor
T (°C)	PSAT(kpa)	Vf(m3/kg)	Vg(m3/kg)	Uf (KJ/Kg)	Ufg (KJ/KG)	Ug (KJ/Kg)	hf (KJ/Kg)	hfg (KJ/Kg)	hg (KJ/Kg)	Sf (KJ/Kg K)	Sfg (KJ/Kg K)	Sg (KJ/Kg K)
0,01	0,6113	0,001000	206,14	0	2375,3	2375,3	0,01	2501,39	2501,4	0	9,1562	9,1562
5	0,8721	0,001000	147,12	20,97	2361,3	2382,3	20,98	2489,62	2510,6	0,0761	8,9496	9,0257
10	1,2276	0,001000	106,38	42,00	2347,2	2389,2	42,01	2477,79	2519,8	0,1510	8,7498	8,9008
15	1,7051	0,001001	77,93	62,999	2333,1	2396,1	62,99	2465,91	2528,9	0,2245	8,5569	8,7814
20	2,339	0,001002	57,79	83,95	2319,0	2402,9	83,96	2454,14	2538,1	0,2966	8,3706	8,6672
25	3,169	0,001003	43,36	104,88	2304,9	2409,8	104,89	2442,31	2547,2	0,3674	8,1906	8,5580
30	4,246	0,001004	32,89	125,78	2290,8	2416,6	125,79	2430,51	2556,3	0,4369	8,0164	8,4533
35	5,628	0,001006	25,22	146,67	2276,7	2423,4	146,68	2418,62	2565,3	0,5053	7,8478	8,3531
40	7,384	0,001008	19,52	167,56	2262,5	2430,1	167,57	2406,73	2574,3	0,5725	7,6845	8,2570
45	9,593	0,001010	15,26	188,44	2248,4	2436,8	188,45	2394,75	2583,2	0,6387	7,5261	8,1648
50	12,349	0,001012	12,03	209,32	2234,2	2443,5	209,33	2382,77	2592,1	0,7038	7,3725	8,0763
55	15,758	0,001015	9,568	230,21	2219,9	2450,1	230,23	2370,7	2600,9	0,7679	7,2234	7,9913
60	19,94	0,001017	7,671	251,11	2205,5	2456,6	251,13	2358,47	2609,6	0,8312	7,0784	7,9096
65	25,03	0,001020	6,197	272,02	2191,1	2463,1	272,06	2346,2	2618,3	0,8935	6,9375	7,8310
70	31,19	0,001023	5,042	292,95	2176,7	2469,6	292,98	2333,82	2626,8	0,9549	6,8004	7,7553
75	38,58	0,001026	4,131	313,90	2162,0	2475,9	313,93	2321,37	2635,3	1,0155	6,6669	7,6824
80	47,39	0,001029	3,407	334,86	2147,3	2482,2	334,91	2308,8	2643,7	1,0753	6,5369	7,6122
85	57,83	0,001033	2,828	355,84	2132,6	2488,4	355,9	2296	2651,9	1,1343	6,4102	7,5445
90	70,14	0,001036	2,361	376,85	2117,7	2494,5	376,92	2283,18	2660,1	1,1925	6,2866	7,4791
95	84,55	0,001040	1,982	397,88	2102,7	2500,6	397,96	2270,14	2668,1	1,2500	6,1659	7,4159
	PSAT(Mpa)											
100	0,10135	0,001044	1,6729	418,94	2087,6	2506,5	419,04	2257,06	2676,1	1,3069	6,0480	7,3549
105	0,12082	0,001048	1,4194	440,02	2072,38	2512,4	440,15	2243,65	2683,8	1,3630	5,9328	7,2958
110	0,14327	0,001052	1,2102	461,14	2057,0	2518,1	461,30	2230,2	2691,5	1,4185	5,8202	7,2387
115	0,16906	0,001056	1,0366	482,30	2041,40	2523,7	482,48	2216,5	2699,00	1,4734	5,7099	7,1833
120	0,19853	0,001060	0,8919	503,50	2025,80	2529,3	503,71	2202,6	2706,3	1,5276	5,6020	7,1296
125	0,2321	0,001065	0,7706	524,74	2009,9	2534,6	524,99	2188,51	2713,5	1,5813	5,4962	7,0775
130	0,2701	0,001070	0,6685	546,02	1993,88	2539,9	546,31	2174,2	2720,5	1,6344	5,3925	7,0269
135	0,3130	0,001075	0,5822	567,35	1977,7	2545,0	567,69	2159,6	2727,3	1,6870	5,2907	6,9777
140	0,3613	0,001080	0,5089	588,74	1961,3	2550,0	589,13	2144,77	2733,9	1,7391	5,1908	6,9299
145	0,4154	0,001085	0,4463	610,18	1944,72	2554,9	610,63	2129,67	2740,3	1,7907	5,0926	6,8833
150	0,4758	0,001091	0,3928	631,68	1927,82	2559,5	632,20	2114,3	2746,5	1,8418	4,9961	6,8379
155	0,5431	0,001096	0,3468	653,24	1910,86	2564,1	653,84	2098,56	2752,4	1,8925	4,9010	6,7935

Fuente: Tablas Termodinámicas de Cengel, extraído de:

file:///C:/Users/lenovo/Downloads/Tablas\_termodinamica\_completas\_cengel.pdf

ANEXO 05 TABLA DE LOS VALORES DE ENTALPIA Y ENTROPÍA A ELEVADAS PRESIONES

AGUA SOBREALENTADA

SISTEMA INTERNACIONAL

P= 4 MPa Tsat= 250,40°C					P= 4,50 MPa Tsat= 257,49°C				P= 5,00 MPa Tsat= 263,99°C			
T (°C)	V(m3/kg)	U (KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/Kg K)	V(m3/kg)	U (KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/Kg K)	V(m3/kg)	U (KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/Kg K)
SAT	0,04978	2602,3	2801,4	6,0701	0,04406	2600,1	2798,3	6,0198	0,03944	2597,1	2794,8	6,9724
275	0,05457	2667,9	2886,2	6,2285	0,04730	2650,3	2863,2	6,1401	0,04141	2631,3	2838,3	6,6544
300	0,05884	2725,3	2960,7	6,3615	0,05135	2712,0	2943,1	6,2828	0,04532	2698	2924,7	6,2085
350	0,06645	2826,7	3092,5	6,5821	0,05840	2817,8	3080,6	6,5131	0,05194	2808,7	3069,6	6,4512
400	0,07341	2919,9	3213,6	6,769	0,06475	2913,3	3204,7	6,7047	0,05781	2906,6	3196,6	6,6414
450	0,08002	3010,2	3330,3	6,9363	0,07074	3005,0	3323,3	6,8746	0,06330	2999,7	3316,2	6,8188
500	0,08643	3099,5	3445,3	7,0904	0,07651	3095,3	3439,6	7,0301	0,06857	3091,0	3432,5	6,9743
600	0,09885	3279,1	3674,7	7,3688	0,08765	3276,0	3670,5	7,3110	0,07869	3273,0	3666,5	7,2589
700	0,11095	3462,1	3905,9	7,6198	0,09847	3459,9	3903,0	7,5631	0,08849	3457,6	3900,1	7,5122
800	0,12287	3650,0	4141,5	7,8502	0,10911	3648,3	4139,3	7,7942	0,09811	3646,6	4 128,7	7,1345
900	0,13469	3843,6	4382,3	8,0647	0,11965	3842,2	4380,6	8,0091	0,10762	3840,7	4378,8	7,9593
1000	0,14645	4042,9	4628,7	8,2662	0,13013	4041,6	4627,2	8,2108	0,11707	4040,4	4625,7	8,1612
1100	0,15817	4248,0	4880,6	8,4567	0,14056	4246,8	4879,3	8,4015	0,12648	4245,6	4878,0	8,3520
1200	0,16987	4458,6	5138,1	8,6376	0,15098	4457,5	5136,9	8,5825	0,13587	4456,3	5135,7	8,5331
1300	0,18156	4674,3	5400,5	8,8100	0,16139	4673,1	5399,4	8,7549	0,14526	4672,0	5398,2	8,7055
P= 6 MPa Tsat= 275,64°C					P= 7,00 MPa Tsat= 285,88°C				P= 8,00 MPa Tsat= 295,06°C			
T (°C)	V(m3/kg)	U (KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/Kg K)	V(m3/kg)	U (KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/Kg K)	V(m3/kg)	U (KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/Kg K)
SAT	0,03244	2589,7	2784,3	5,8892	0,02737	2580,5	2772,1	5,8133	0,02352	2569,8	2758,0	5,7432
300	0,03616	2667,2	2884,2	6,0674	0,02947	2632,2	2838,4	5,9305	0,02426	2590,9	2785,0	5,7906
350	0,04223	2789,6	3043,0	6,3335	0,03524	2769,4	3016,0	6,2228	0,02995	2747,7	2987,3	6,1301
400	0,04739	2892,9	3177,2	6,5408	0,03993	2878,6	3158,1	6,4478	0,03432	2863,8	3138,3	6,3634
450	0,05214	2988,9	3301,8	6,7193	0,04416	2978,0	3287,1	6,6327	0,03817	2966,7	3272,0	6,5551
500	0,05665	3082,2	3422,2	6,8803	0,04814	3073,4	3410,3	6,7975	0,04175	3064,3	3398,3	6,7240
550	0,06101	3174,6	3540,6	7,0288	0,05195	3167,2	3530,9	6,9486	0,04516	3159,8	3521,0	6,8778
600	0,06525	3266,9	3658,4	7,1677	0,05565	3260,7	3650,3	7,0894	0,04845	3254,4	3642,0	7,0206
700	0,07352	3453,1	3894,2	7,4234	0,06283	3448,5	3888,3	7,3476	0,05481	3443,9	3882,4	7,2812
800	0,08160	3643,1	4132,7	7,6566	0,06981	3639,5	4128,2	7,5825	0,06097	3636,0	4123,8	7,5173
900	0,08958	3837,8	4375,3	7,8727	0,07669	3835,0	4371,8	7,7991	0,06702	3832,1	4368,3	7,7351
1000	0,09749	4037,9	4622,7	8,0751	0,08350	4035,3	4619,8	8,0020	0,07301	4032,8	4616,9	7,9384
1100	0,10536	4243,3	4875,4	8,2661	0,09027	4240,9	4872,8	8,1933	0,07896	4238,6	4870,3	8,1300
1200	0,11321	4454,0	5133,3	8,4474	0,09703	4451,7	5130,9	8,3747	0,08489	4449,5	5128,5	8,3115
1300	0,12106	4669,6	5396,0	8,6199	0,10377	4667,3	5393,7	8,5475	0,09080	4665,0	5391,5	8,4842

Fuente: Tablas Termodinámicas de Cengel, extraído de:  
file:///C:/Users/lenovo/Downloads/Tablas\_termodinamica\_completas\_cengel.pdf

ANEXOS 06: TABLA DE VALORES DE CALOR LATENTE Y SENSIBLE



Presión Manométrica bar	Temperatura del vapor °C	Calor Sensible kcal/kg	Calor Latente kcal/kg	Calor Total kcal/kg	Volumen Específico m³/kg	Densidad del vapor kg/m³
18,40	210,96	215,40	452,98	668,38	0,10	9,71
18,60	211,47	215,95	452,48	668,43	0,10	9,80
18,80	211,98	216,52	451,95	668,47	0,10	9,90
19,00	212,47	217,07	451,45	668,52	0,10	10,00
19,20	212,98	217,62	450,95	668,57	0,10	10,14
19,40	213,49	218,17	450,45	668,62	0,10	10,25
19,60	213,99	218,69	449,97	668,66	0,10	10,34
19,80	214,48	219,24	449,47	668,71	0,10	10,44
20,00	214,96	219,77	448,99	668,76	0,09	10,54
20,50	216,15	221,08	447,77	668,85	0,09	10,79
21,00	217,35	222,39	446,58	668,97	0,09	11,04
21,50	218,53	223,66	445,39	669,05	0,09	11,27
22,00	219,65	224,93	444,19	669,12	0,09	11,52
22,50	220,76	226,17	443,05	669,21	0,85	1,18
23,00	221,85	227,39	441,88	669,26	0,08	12,02
23,50	222,94	228,60	440,73	669,33	0,08	12,27
24,00	224,02	229,77	439,61	669,38	0,08	12,55
24,50	225,08	230,97	438,46	669,43	0,08	12,77
25,00	226,12	232,14	437,34	669,48	0,08	13,02
26,00	228,15	234,41	435,14	669,55	0,07	13,51
27,00	230,14	236,58	433,02	669,60	0,07	14,01
28,00	232,05	238,73	430,89	669,62	0,07	14,51
29,00	233,93	240,85	428,79	669,64	0,07	15,02
30,00	235,78	242,86	426,74	669,60	0,06	15,50
31,00	237,55	244,91	424,71	669,62	0,06	16,00
32,00	239,28	246,90	422,68	669,57	0,06	16,53
33,00	240,97	248,81	420,72	669,52	0,06	17,04
34,00	242,63	250,67	418,81	669,48	0,06	17,51
35,00	244,26	252,58	416,83	669,40	0,06	18,05
36,00	245,86	254,49	414,84	669,33	0,05	18,55
37,00	247,42	256,21	413,00	669,21	0,05	19,08
38,00	248,95	257,98	411,12	669,09	0,05	19,61
39,00	250,42	259,67	409,33	669,00	0,05	20,08
40,00	251,94	261,39	407,46	668,85	0,05	20,62
42,00	254,74	264,73	403,86	668,59	0,05	21,69
44,00	257,50	267,96	400,28	668,23	0,04	22,68

Fuente: Tablas Termodinámicas de Cengel, extraído de:  
file:///C:/Users/lenovo/Downloads/Tablas\_termodinamica\_completas\_cengel.pdf

ANEXO 07: TABLAS DE INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLINO LOS COCOS.

Molino Los Cocos				
Mes	Tipo de conex.	Importe Total (S/.)	Importe de energía(S/.)	Energía (KW.h)
<b>Enero</b>	trifásica - (C5.2)	12325,36	6050,21	31225,65
<b>Febrero</b>	trifásica - (C5.2)	17250,41	6802,35	36658,12
<b>Marzo</b>	trifásica - (C5.2)	9500,3	5324,12	30205,98
<b>Abril</b>	trifásica - (C5.2)	11125,36	7125,36	38265,95
<b>Mayo</b>	trifásica - (C5.2)	11124,25	7235,42	27952,64
<b>Junio</b>	trifásica - (C5.2)	15689,65	10106,87	54965,27
<b>Julio</b>	trifásica - (C5.2)	18651,85	10325,59	55689,69

Fuente: Elaboración propia

Mes	Potencia HP (kW)	Potencia HFP (kW)	Energía Activa HP (kW-h)	Energía Activa HFP (kW-h)
<b>Enero</b>	7,2	301	436,2	30125,25
<b>Febrero</b>	10,01	256,32	487,32	35879,36
<b>Marzo</b>	10,01	251,47	512,68	29100,35
<b>Abril</b>	10,01	301,65	455,28	37658,54
<b>Mayo</b>	10,01	320,58	503,24	27015,36
<b>Junio</b>	11,23	365,45	501,69	53925,21
<b>Julio</b>	11,23	322,58	460,14	54145,89
<b>Agosto</b>	42,2	365,31	601,25	57852,24

<b>Septiembre</b>	7,01	289,21	487,64	50526,24
<b>Octubre</b>	10,01	315,69	406,31	50645,87
<b>Noviembre</b>	5,23	274,36	359,14	28695,64
<b>Diciembre</b>	5,23	305,87	360,21	16879,29
<b>Promedio</b>	11,615	305,79	464,26	39370,77
<b>Total</b>	139,38	3669,49	5571,1	472449,24

**Fuente:** Elaboración propia

<b>Mes</b>	<b>Pilado de arroz en toneladas (Tn)</b>	<b>Cáscarilla de arroz en toneladas (Tn)</b>	<b>Cáscarilla de arroz diaria en toneladas (Tn)</b>
<b>Enero</b>	754	150,8	5,8
<b>Febrero</b>	754	150,8	6,28
<b>Marzo</b>	802	160,4	6,17
<b>Abril</b>	936	187,2	7,2
<b>Mayo</b>	780	156	6
<b>Junio</b>	1200	240	9,23
<b>Julio</b>	1220	244	9,38
<b>Agosto</b>	1312	262,4	10,09
<b>Septiembre</b>	1100	220	8,46
<b>Octubre</b>	1110	222	8,54
<b>Noviembre</b>	790	158	6,08
<b>Diciembre</b>	520	104	4
<b>Promedio</b>	939,83	187,97	7,27
<b>Total</b>	11278	2255,6	87,24

**Fuente:** Elaboración propia

ANEXO N°8: TABLAS DE INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLINO NUEVA VILLA.

<b>Molino Nueva Villa</b>				
<b>Mes</b>	<b>Tipo de conexión</b>	<b>Importe Total (S/.)</b>	<b>Importe de Energía (S/.)</b>	<b>Energía (kW.h)</b>
<b>Enero</b>	trifásica - (C5.2)	27212,35	17025,21	97548,24
<b>Febrero</b>	trifásica - (C5.2)	21124,35	10987,23	69364,28
<b>Marzo</b>	trifásica - (C5.2)	16889,65	9225,64	53214,87
<b>Abril</b>	trifásica - (C5.2)	18025,34	10132,68	65214,28
<b>Mayo</b>	trifásica - (C5.2)	20987,69	11899,64	72365,24
<b>Junio</b>	trifásica - (C5.2)	23014,97	12879,24	84361,57
<b>Julio</b>	trifásica - (C5.2)	24785,28	15875,61	90125,87
<b>Agosto</b>	trifásica - (C5.2)	20693,26	13258,94	83625,24
<b>Septiembre</b>	trifásica - (C5.2)	20165,84	11364,28	67225,84
<b>Octubre</b>	trifásica - (C5.2)	21687,58	12357,83	71264,28
<b>Noviembre</b>	trifásica - (C5.2)	15987,61	9025,61	51658,54
<b>Diciembre</b>	trifásica - (C5.2)	22945,87	13164,84	75124,89
<b>Promedio</b>		21126,65	12266,40	73424,43
<b>Total</b>		253519,79	147196,75	881093,14

Fuente: Elaboración propia

<b>Mes</b>	<b>Potencia HP (kW)</b>	<b>Potencia HFP (kW)</b>	<b>Energía Activa HP (kW-h)</b>	<b>Energía Activa HFP (kW-h)</b>
<b>Enero</b>	8,23	306,64	4012,58	93215,47
<b>Febrero</b>	8,23	308,25	905,64	70258,64
<b>Marzo</b>	8,23	301,87	601,87	51987,68
<b>Abril</b>	11,01	320,65	1198,99	65268,94
<b>Mayo</b>	11,02	322,54	1200,24	74025,84
<b>Junio</b>	11,01	319,67	2987,65	82369,64
<b>Julio</b>	11,02	322,25	2785,15	85147,27
<b>Agosto</b>	11,02	331,45	3851,27	80365,47
<b>Septiembre</b>	11,01	301,87	1009,58	66984,38
<b>Octubre</b>	9,58	310,94	965,37	70548,95
<b>Noviembre</b>	8,35	312,57	728,27	51364,58
<b>Diciembre</b>	8,35	309,63	1987,68	75846,81
<b>Promedio</b>	9,755	314,0275	1852,86	72281,97
<b>Total</b>	117,06	3768,33	22234,29	867383,67

**Fuente:** Elaboración propia

<b>Mes</b>	<b>Pilado de arroz en toneladas (Tn)</b>	<b>Cáscarilla de arroz en toneladas (Tn)</b>	<b>Cáscarilla de arroz diaria en toneladas (Tn)</b>
<b>Enero</b>	1500	300	11,54
<b>Febrero</b>	1380	276	11,50
<b>Marzo</b>	1100	220	8,46

<b>Abril</b>	1320	264	10,15
<b>Mayo</b>	1410	282	10,85
<b>Junio</b>	1450	290	11,15
<b>Julio</b>	1455	291	11,19
<b>Agosto</b>	1447	289,4	11,13
<b>Septiembre</b>	1115	223	8,58
<b>Octubre</b>	1382	276,4	10,63
<b>Noviembre</b>	1115	223	8,58
<b>Diciembre</b>	1412	282,4	10,86
<b>Promedio</b>	1340,50	268,10	10,39
<b>Total</b>	16086	3217,20	124,62

**Fuente:** Elaboración propia

ANEXO 09: TABLAS DE INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLINO EL AGRICULTOR.

<b>Molino el Agricultor</b>				
<b>Mes</b>	<b>Tipo de conexión</b>	<b>Importe Total (S/.)</b>	<b>Importe de Energía (S/.)</b>	<b>Energía (kW.h)</b>
<b>Enero</b>	trifásica - (C5.2)	15224,12	7869,26	50123,87
<b>Febrero</b>	trifásica - (C5.2)	12548,35	6228,27	34698,25
<b>Marzo</b>	trifásica - (C5.2)	13659,25	7026,31	36547,28
<b>Abril</b>	trifásica - (C5.2)	11,225,89	7123,65	36943,28
<b>Mayo</b>	trifásica - (C5.2)	9897,25	5886,39	31589,21
<b>Junio</b>	trifásica - (C5.2)	13225,64	6954,12	43268,57

<b>Julio</b>	trifásica - (C5.2)	13226,14	6896,29	41236,58
<b>Agosto</b>	trifásica - (C5.2)	11025,31	6025,14	34953,21
<b>Septiembre</b>	trifásica - (C5.2)	10301,87	5026,64	30125,14
<b>Octubre</b>	trifásica - (C5.2)	10225,68	5987,36	29548,28
<b>Noviembre</b>	trifásica - (C5.2)	9889,65	4968,19	30123,65
<b>Diciembre</b>	trifásica - (C5.2)	15226,57	8754,25	50157,25
<b>Promedio</b>		12222,71	6562,16	37442,88
<b>Total</b>		134449,83	78745,87	449314,57

**Fuente:** Elaboración propia

<b>Mes</b>	<b>Potencia HP (kW)</b>	<b>Potencia HFP (kW)</b>	<b>Energía Activa HP (kW-h)</b>	<b>Energía Activa HFP (kW-h)</b>
<b>Enero</b>	6,25	211,25	471,26	51236,58
<b>Febrero</b>	6,89	204,36	512,14	33225,12
<b>Marzo</b>	11,89	211,25	821,15	35698,14
<b>Abril</b>	6,12	197,23	356,24	33258,14
<b>Mayo</b>	4,15	198,24	389,27	31268,98
<b>Junio</b>	4,15	211,23	412,32	41226,31
<b>Julio</b>	4,15	201,25	402,16	42786,39
<b>Agosto</b>	6,12	206,39	489,37	30125,68
<b>Septiembre</b>	6,13	200,34	406,54	29658,29
<b>Octubre</b>	4,15	180,24	398,28	27645,57
<b>Noviembre</b>	4,15	195,37	464,27	28963,27

<b>Diciembre</b>	15,58	216,64	489,57	47021,68
<b>Promedio</b>	6,64	202,82	467,71	36009,51
<b>Total</b>	79,73	2433,79	5612,57	432114,15

**Fuente:** Elaboración propia

<b>Mes</b>	<b>Pilado de arroz en toneladas (Tn)</b>	<b>Cáscarilla de arroz en toneladas (Tn)</b>	<b>Cáscarilla de arroz diaria en toneladas (Tn)</b>
<b>Enero</b>	1000	200	7,69
<b>Febrero</b>	770	154	6,42
<b>Marzo</b>	782	156,4	6,02
<b>Abril</b>	770	154	5,92
<b>Mayo</b>	760	152	5,85
<b>Junio</b>	910	182	7,00
<b>Julio</b>	915	183	7,04
<b>Agosto</b>	750	150	5,77
<b>Septiembre</b>	740	148	5,69
<b>Octubre</b>	733	146,6	5,64
<b>Noviembre</b>	736	147,2	5,66
<b>Diciembre</b>	975	195	7,50
<b>Promedio</b>	820,08	164,02	6,35
<b>Total</b>	9841	1968,20	76,19

**Fuente:** Elaboración propia

ANEXO 10: TABLAS DE INFORMACIÓN GENERAL DEL MOLINO EL SOL

<b>Molino El Sol</b>				
<b>Mes</b>	<b>Tipo de conexión</b>	<b>Importe Total (S/.)</b>	<b>Importe de Energía (S/.)</b>	<b>Energía (kW.h)</b>
<b>Enero</b>	trifásica - (C5.2)	9001,20	5320,20	26689,21
<b>Febrero</b>	trifásica - (C5.2)	8567,23	7200,36	28359,25
<b>Marzo</b>	trifásica - (C5.2)	8025,64	4025,64	27956,18
<b>Abril</b>	trifásica - (C5.2)	6012,58	3226,21	15223,64
<b>Mayo</b>	trifásica - (C5.2)	8500,27	4225,36	27657,19
<b>Junio</b>	trifásica - (C5.2)	10112,36	5226,34	32114,17
<b>Julio</b>	trifásica - (C5.2)	12654,87	6321,64	36952,37
<b>Agosto</b>	trifásica - (C5.2)	8003,21	4025,38	26358,15
<b>Septiembre</b>	trifásica - (C5.2)	8225,64	4200,64	26315,47
<b>Octubre</b>	trifásica - (C5.2)	8754,26	4385,69	25896,38
<b>Noviembre</b>	trifásica - (C5.2)	8652,37	4321,87	21114,15
<b>Diciembre</b>	trifásica - (C5.2)	8759,68	4356,89	22367,26
<b>Promedio</b>		8772,44	4736,35	26416,95
<b>Total</b>		105269,31	56836,22	317003,42

**Fuente:** Elaboración propia

<b>Mes</b>	<b>Potencia HP (kW)</b>	<b>Potencia HFP (kW)</b>	<b>Energía Activa HP (kW-h)</b>	<b>Energía Activa HFP (kW-h)</b>
<b>Enero</b>	9,15	124,9	714	26548,29
<b>Febrero</b>	9,15	124,9	625,23	28236,64
<b>Marzo</b>	13,24	122,82	724,36	26348,48
<b>Abril</b>	7,65	114,5	705,14	15645,28
<b>Mayo</b>	9,15	120,74	755,14	24698,36
<b>Junio</b>	11,25	126,99	902,23	33258,49
<b>Julio</b>	11,25	131,15	903,54	36782,58
<b>Agosto</b>	9,15	116,58	725,14	26978,16
<b>Septiembre</b>	7,36	122,82	687,23	24879,56
<b>Octubre</b>	7,36	116,58	654,28	25741,16
<b>Noviembre</b>	7,36	118,66	625,58	22659,49
<b>Diciembre</b>	7,36	120,74	627,19	23816,87
<b>Promedio</b>	9,12	121,78	720,76	26299,45
<b>Total</b>	109,43	1461,38	8649,06	315593,36

**Fuente:** Elaboración propia

<b>Mes</b>	<b>Pilado de arroz en toneladas (Tn)</b>	<b>Cáscarilla de arroz en toneladas (Tn)</b>	<b>Cáscarilla de arroz diaria en toneladas (Tn)</b>
<b>Enero</b>	750	150	5,77
<b>Febrero</b>	800	160	6,67

<b>Marzo</b>	750	150	5,77
<b>Abril</b>	500	100	3,85
<b>Mayo</b>	700	140	5,38
<b>Junio</b>	760	152	5,85
<b>Julio</b>	790	158	6,08
<b>Agosto</b>	753	150,6	5,79
<b>Septiembre</b>	702	140,4	5,40
<b>Octubre</b>	730	146	5,62
<b>Noviembre</b>	680	136	5,23
<b>Diciembre</b>	690	138	5,31
<b>Promedio</b>	717,08	143,42	5,56
<b>Total</b>	8605	1721,00	66,71

**Fuente:** Elaboración propia



ANEXO 12: EFICIENCIA DE LA JUNTA DE SOLDADURA (FUENTE: MANUAL DE RECIPIENTES A PRESIÓN, MEGYESY E.).

TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS				
TIPOS NORMA UW-12	EFICIENCIA DE LA JUNTA, E Cuando la junta es:	Cuando la junta es:		
		a. Radiografiada total- mente	b. Examinada por zonas	c. No Examinada
<p>1</p> 	<p>Jointa a tope hechas por doble cordón de soldadura o por otro medio con el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la pieza. Si se emplea placa de respaldo, debe quitarse ésta después de terminar la soldadura.</p>	1.00	0.85	0.70
<p>2</p>  <p>En juntas circunferenciales únicamente</p>	<p>Junta a tope de un solo cordón con tira de respaldo que queda en su lugar después de soldar</p>	0.90	0.80	0.65
<p>3</p> 	<p>Junta a tope de un solo cordón sin tira de respaldo</p>	—	—	0.60
<p>4</p> 	<p>Junta a traslape de doble filete completo</p>	—	—	0.55
<p>5</p> 	<p>Junta a traslape de un solo filete completo con soldaduras de tapón</p>	—	—	0.50
<p>6</p> 	<p>Junta a traslape de un solo filete completo sin soldaduras de tapón</p>	—	—	0.45

**ANEXO 13: SELECCION DEL ESLABON FUSIBLE TIPO K PARA LA PROTECCION DE LOS TRANSFORMADORES.**

Tensión Servicio kV	10		15		20		25		30	
	In. Transfo. A	In. Fusible A								
10	0,58	1	0,38	1	0,29	1	0,23		0,19	
20	1,15	2	0,77	1	0,58	1	0,46	2	0,38	1
25	1,44	2	0,96	2	0,72	1	0,58	2	0,48	1
50	2,89	6	1,92	2	1,44	2	1,15	2	0,96	2
75	4,33	6	2,89	3	2,17	3	1,73	4	1,44	2
100	5,77	8	3,85	6	2,89	6	2,31	4	1,92	3
160	9,24	12	6,16	6	4,62	8	3,70	6	3,08	5
200	11,55	15	7,70	10	5,77	8	4,62	10	3,85	5
250	14,43	20	9,62	15	7,22	10	5,77	10	4,81	8
400	23,09	40	15,40	25	11,55	20	9,24	20	7,70	15
500	28,87	50	19,25	30	14,43	20	11,55	20	9,62	15
630	36,37	65	24,25	40	18,19	30	14,55	25	12,12	20
800	46,19	80	30,79	65	23,09	40	18,48	32	15,40	25
1000	57,74	100	38,49	65	28,87	50	23,09	40	19,25	30
1250	72,17	140	48,11	100	36,08	65	28,87	50	24,06	40

ANEXO N° 14: CURVAS TIEMPO CORRIENTE DE TOTAL DE FUSIÓN PARA EL FUSIBLE “PROTECTOR”

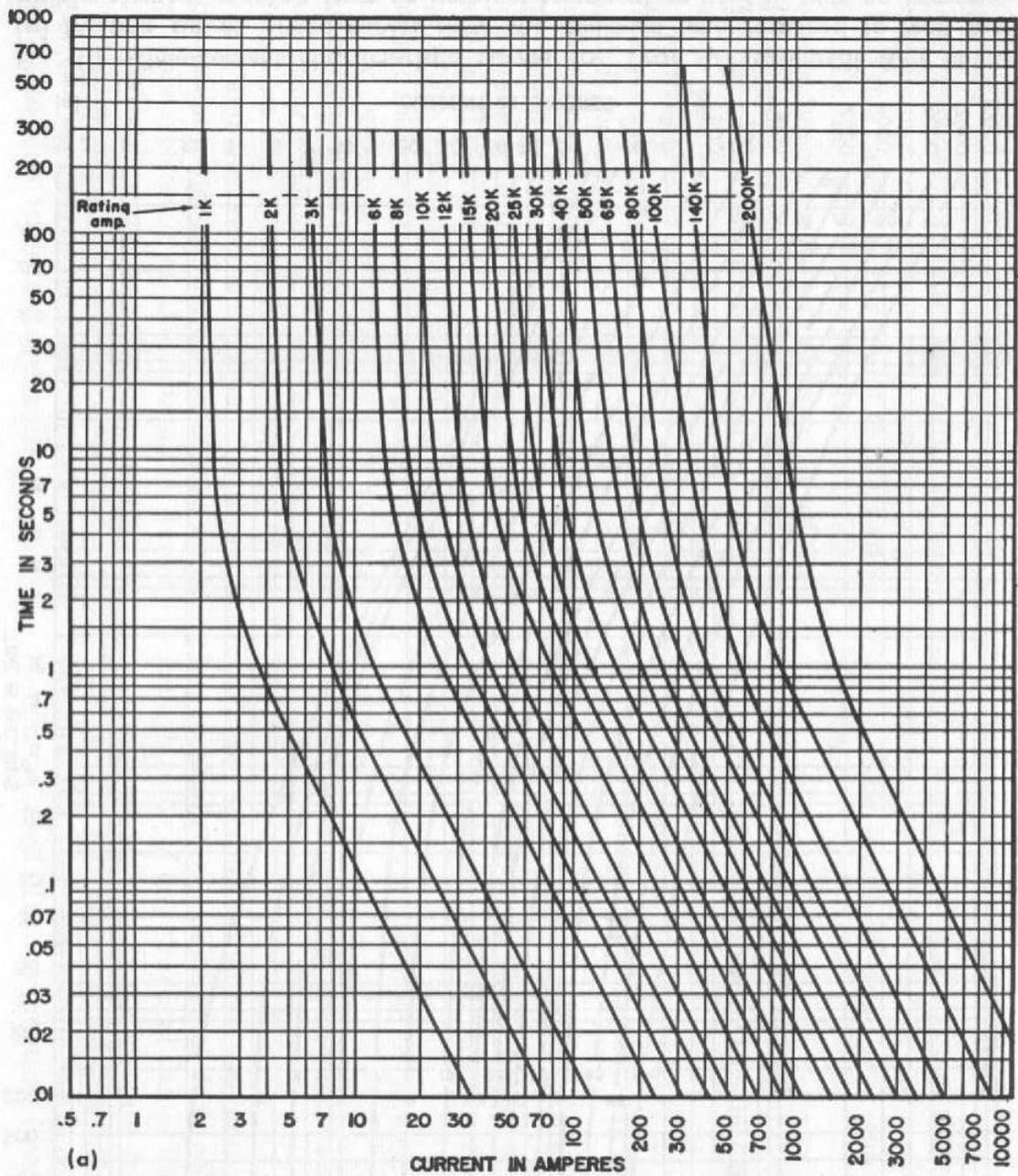
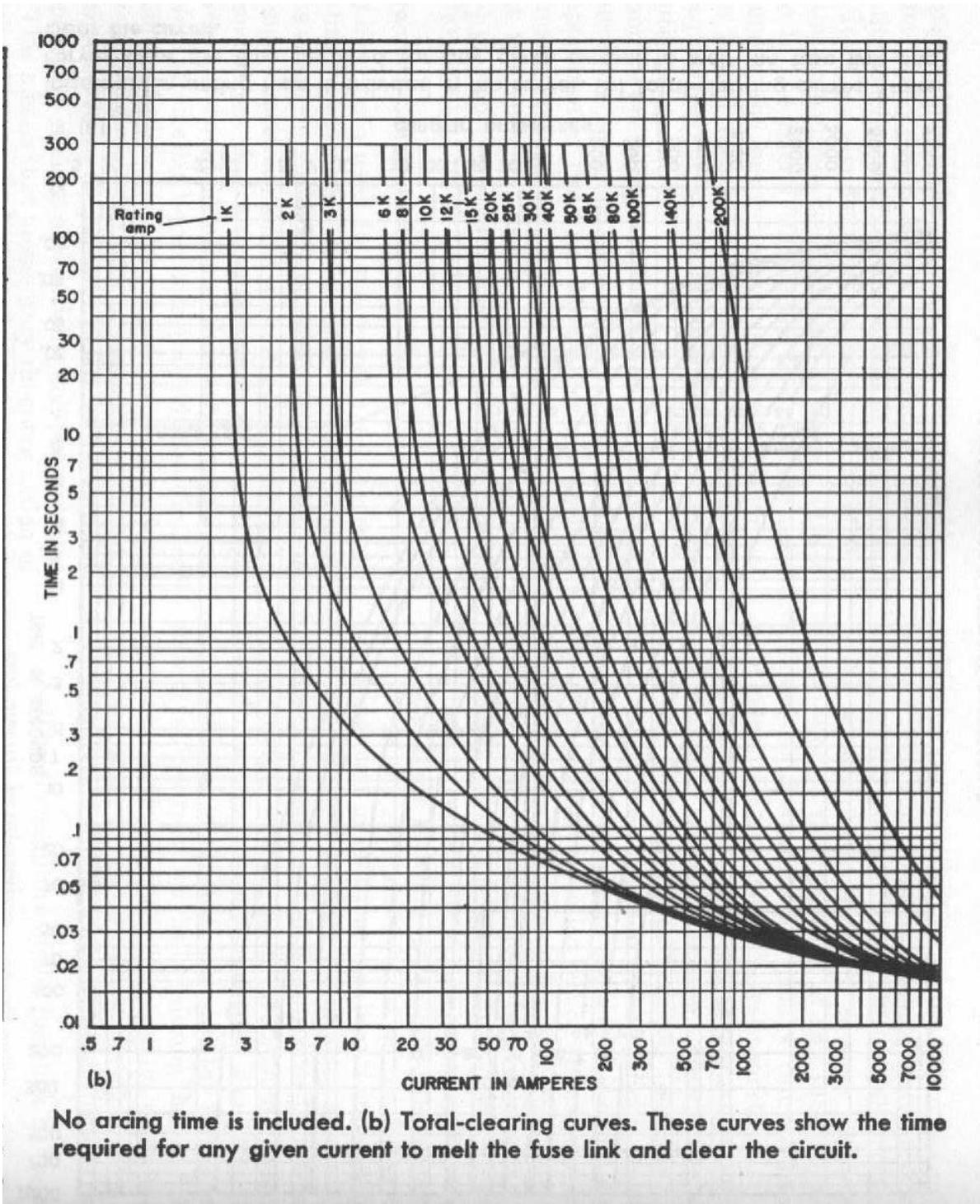


Fig. 41—Time-current characteristic curves for Type K (Fast) universal fuse links. (a) Melting curves. These curves show the minimum time required to melt the fusible element, starting from an ambient temperature of 25C with no previous loading.

ANEXO N°: 15: CURVAS INICIAL DE FUSIÓN PARA EL FUSIBLE “PROTEGIDO”



## ANEXO N°16 : PRESUPUESTO DEL PROYECTO – SUMINISTRO

### PRESUPUESTO

<b>PROYECTO</b>	<b>DISEÑO DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA UTILIZANDO LA CASCARILLA DE ARROZ PARA REDUCIR COSTOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS MOLINOS DE ARROZ DE LA PROVINCIA DE JAÉN</b>
<b>SUBPRESUPUESTO</b>	<b>PROYECTO - SUMINISTRO</b>
<b>LUGAR</b>	<b>JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA</b>
<b>FECHA</b>	<b>JULIO DEL 2019</b>

ITEM	DESCRIPCIÓN	Unidad	Metrado	P. Unitario S/.	Parcial S/.
<b>EQUIPAMIENTO DE LA CENTRAL</b>					<b>181290,00</b>
1	Coste de terreno	m2	250	110	27500,00
2	Caldera de vapor de 116BHP - Modelo RL-1.500	und.	1	48000	48000,00
3	Tanque de agua de alimentación - 1000L	und.	1	900	900,00
4	Tubos de acero sin costura ASTM-192 de 2"	und.	70	22	1540,00
5	Lámina de acero galvanizado de 1/8"	und.	6	200	1200,00
6	Soldadura Supercito 1/8"	kg.	10	15	150,00
7	Turbina de Vapor - Generador Modelo SST - 040	und.	1	62000	62000,00
8	Transformador 400kVA	und.	1	40000	40000,00
<b>PARARRAYO CON DESCARGA EN POZO A TIERRA</b>					<b>1316,00</b>
1	Cabezal letra puntal	und.	1	220	220,00
2	Abrazaderas aislantes	und.	1	51	51,00
3	Cable de cobre N°16	m	35	7	245,00
4	Tubo de fierro de 2"	m	2	15	30,00

5	Tubo de agua de 2"x21m	und.	7	25,57	200,00
6	Caja de registro de pozo a tierra	und.	1	50	50,00
7	Varilla de cobre de 3/4"	m	2	130	260,00
8	Pernos de 5/8x2"	und.	2	4	8,00
9	Abrazaderas	und.	2	3,75	7,50
10	Aisladores	und.	2	3,75	7,50
11	Conectores AB	und.	2	7,5	15,00
12	Cintillos	und.	50	0,12	6,00
13	Prensa Estopa	und.	1	6	6,00
14	Arena fina	m3	1	50	50,00
15	sal industrial/25kg.	und.	1	25	25,00
16	(1) saco de carón	und.	1	50	50,00
17	(1) costal de aserrín	und.	1	10	10,00
18	Tierra negra	m3	1	50	50,00
19	Bentonita/30kg.	und.	1	25	25,00
<b>AISLADORES Y ACCESORIOS</b>					<b>3206,50</b>
1	Aislador polimérico tipo PIN	und.	32,00	75,00	2400,00
2	Espiga de acero galvanizado 609 mm para cabeza de poste y aisladores tipo ANSI 56-3	und.	50,00	16,13	806,50
<b>CADENA DE AISLADORES</b>					<b>2856,00</b>
1	cadena compuesta por dos aisladores de porcelana clase ansi 52-3	und	17,00	120,00	2040,00
2	grillete recto	und	17,00	15,00	255,00
3	adaptador anillo - bola	und	17,00	15,00	255,00
4	adaptador casquillo casquillo - ojo alargado	und	17,00	15,00	255,00
5	cinta plana de armar para conductor de al 35mm2	m	17,00	3,00	51,00
<b>CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO</b>					<b>6200,00</b>
1	conductor de aleacion de aluminio de 35 mm2	km	2,00	3.100,00	6200,00
<b>ACCESORIOS PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO</b>					<b>2148,20</b>
1	varilla de armar preformada simple para conductor de 35 mm2	und	40,00	7,56	302,40
2	grapa de doble via de aluminio para conductor de 35 mm2	und	40,00	5,04	201,60

**Fuente:** Elaboración propia

<b>MATERIAL DE FERRETERIA PARA ARMADO DE ESTRUCTURA TIPO</b>						<b>4239,25</b>
<b>PSEC - 3</b>						
1	Grillete de acero de 70kN	und.	6,00	6,00	36,00	
2	Fusible Tipo expulsión 20A, Tipo K	und.	3,00	20,00	60,00	
3	Conductor de Cu, Para puesta a tierra	m	4,00	12,00	48,00	
4	Conector de Cu, tipo perno partido	und.	3,00	12,00	36,00	
5	Adaptador Casquillo - ojo alargado	und.	6,00	4,00	24,00	
6	adaptador anillo - bola	und.	6,00	4,00	24,00	
7	Perno OJO de A°G°, 16mmØx254mm Longitud, 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	1,00	12,50	12,50	
8	Tuerca OJO de A°G°, forjado, para perno de 16mmØ	und.	5,00	8,25	41,25	
9	Perno maquinado de A°G°, 16mmØx254mm LONG., 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	1,00	12,50	12,50	
10	Arandela cuadrada curva de A°G°, 57x57x5mm, 18Ømm de agujero	und.	3,00	8,00	24,00	
11	Pararrayos tipo autoválvula de óxido metálico	und.	3,00	400,00	1200,00	
12	Seccionador fusible tipo expulsión	und.	3,00	400,00	1200,00	
13	Brazo soporte (Riostra) de perfil angular de A°G° 38x38x5mm SECCIÓN, 710mm LONGITUD	und.	6,00	22,00	132,00	
14	Grapa de anclaje	und.	6,00	20,00	120,00	
15	Perno doble. Armado de A°G°, 16mmØ x 457mm LONG., con 4 tuercas	und.	3,00	9,00	27,00	
16	Arandela cuadrada plana de A°G°, 57x57x5mm, 18Ø mm de agujero	und.	11,00	3,00	33,00	
17	Perno maquinado de A°G°, 13mmØx152mm LONG., 76mm MAQUINADO, con arandela, tuerca y contratuerca	und.	2,00	12,00	24,00	
18	Cruceta de madera tratada de 90x115mm SECCIÓN, 2,40 m LONG.	und.	6,00	130,00	780,00	
19	Aislador de porcelana TIPO SUSPENSIÓN, Clase ANSI 52 - 3	und.	3,00	135,00	405,00	
<b>MATERIAL DE FERRETERIA PARA ARMADO DE ESTRUCTURA TIPO</b>						<b>1436,75</b>

1	Alambre de amarre A°G° N°18	m	17,50	0,50	8,75
2	Varilla de armar preformada doble para conductor de 35 mm <sup>2</sup>	und.	3,00	8,00	24,00
3	Varilla de armar preformada simple para conductor de 35 mm <sup>2</sup>	und.	1,00	10,00	10,00
4	Tubo espaciador de A°G°, 19mmØx38mm LONGITUD	und.	2,00	25,00	50,00
5	Perno maquinado de A°G°, 16mmØx456mm LONG., 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	2,00	12,50	25,00
6	SopORTE separador de vértice de poste de A°G°, 110mm SEPARACIÓN PLATINA 76x6,4mm SECC	und.	2,00	45,00	90,00
7	Espiga de A° G° PARA vértice de poste 609 mm LONG.,4mm Espesor para PIN ANSI 56-3.	und.	2,00	18,00	36,00
8	Brazo soporte (Riostra) de perfil angular de A°G° 38x38x5mm SECCIÓN, 710mm LONGITUD	und.	4,00	22	88,00
9	Arandela cuadrada plana de A°G°, 57x57x5mm, 18Ø mm de agujero	und.	12,00	3,00	36,00
10	Perno doble. Armado de A°G°, 16mmØ x 457mm LONG., con 4 tuercas	und.	3,00	9,00	27,00
11	Perno maquinado de A°G°, 16mmØx254mm LONG., 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	2,00	12,50	25,00
12	Portalineal Unipolar de A°G°, 149 x 85mm, PLATINA 38 x 5mm SECCIÓN, PIN 16mmØ	und.	1,00	135,00	135,00
13	Aislador de porcelana TIPO CARRETE, CLASE ANSI 53 - 2	und.	1,00	80,00	80,00
14	Aislador de porcelana tipo PIN, clase ANSI 56 - 3	und.	6,00	80,00	480,00
15	Perno maquinado de A°G°, 13mmØx254mm LONG., 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	1,00	12,00	12,00
16	Perno coche de A°G°, 13mmØx152mm LONG., 76mm MAQUINADO, con arandela, tuerca y contratuerca	und.	4,00	6,50	26,00
17	Arandela cuadrada curva de A°G°, 57x57x5mm, 18Ømm de agujero	und.	3,00	8,00	24,00
18	Cruceta de madera tratada de 90x115mm SECCIÓN, 2,40 m LONG.	und.	2,00	120,00	240,00

<b>MATERIAL DE FERRETERIA PARA ARMADO DE ESTRUCTURA TIPO</b>					<b>3469,50</b>
<b>PSI - 3</b>					
1	Alambre de amarre A°G° N°18	m	45,00	0,50	22,50
2	Varilla de armar preformada simple para conductor de 35 mm <sup>2</sup>	und.	18,00	10,00	180,00
3	Perno maquinado de A°G°, 16mmØx305mm LONG., 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	6,00	12,50	75,00
4	Espiga de A° G° PARA vértice de poste 609 mm LONG., 4mm Espesor para PIN ANSI 56-3.	und.	12,00	18,00	216,00
5	Perno coche de A°G°, 13mmØx152mm LONG., 76mm MAQUINADO, con arandela, tuerca y contratuerca	und.	12,00	6,50	78,00
6	Perno maquinado de A°G°, 13mmØx254mm LONG., 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	6,00	12,00	72,00
7	Brazo soporte (Riostra) de perfil angular de A°G° 38x38x5mm SECCIÓN, 710mm LONGITUD	und.	12,00	22,00	264,00
8	Cruceta de madera tratada de 90x115mm SECCIÓN, 2,40 m LONG.	und.	6,00	130,00	780,00
9	Arandela cuadrada plana de A°G°, 57x57x5mm, 18Ø mm de agujero	und.	6,00	8,00	48,00
10	Arandela cuadrada curva de A°G°, 57x57x5mm, 18Ømm de agujero	und.	18,00	8,00	144,00
11	Perno maquinado de A°G°, 16mmØx254mm LONG., 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	12,50	12,00	150,00
12	Ailador de porcelana tipo PIN, clase ANSI 56 - 3	und.	18,00	80,00	1440,00
<b>MATERIAL DE FERRETERIA PARA ARMADO DE ESTRUCTURA TIPO</b>					<b>2019,18</b>
<b>PA3 - 3</b>					
1	Grapa de doble via de aluminio para conductor de 35 mm <sup>2</sup>	und.	3,00	8,06	24,18
2	Grillete de acero de 70kN	und.	6,00	6,00	36,00
3	Adaptador casquillo - ojo alargado	und.	6,00	4,00	24,00
4	adaptador anillo - bola	und.	6,00	4,00	24,00
5	Grapa de anclaje	und.	6,00	20,00	120,00
6	Aislador de porcelana TIPO SUSPENSIÓN, Clase ANSI 52 - 3	und.	12,00	135,00	1620,00
7	Perno OJO de A°G°, 16mmØx254mm Longitud, 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	6,00	12,50	75,00

<b>MATERIAL DE FERRETERIA PARA ARMADO DE ESTRUCTURA TIPO</b>					<b>2555,18</b>
<b>PR3 - 3</b>					
1	Alambre de amarre A°G° N°18	m	2,50	0,50	1,25
2	Espiga para cabeza de de poste	und.	1,00	22,00	22,00
3	Ailador de porcelana tipo PIN, clase ANSI 56 - 3	und.	1,00	80,00	80,00
4	Grapa de doble via de aluminio para conductor de 35 mm <sup>2</sup>	und.	3,00	8,06	24,18
5	Perno OJO de A°G°, 16mmØx254mm Longitud, 152mm MAQUINADO, con tuerca y Grillete de acero de 70kN	und.	1,00	12,50	12,50
6		und.	6,00	6,00	36,00
7	Adaptador casquillo - ojo alargado	und.	6,00	4,00	24,00
8	adaptador anillo - bola	und.	6,00	4,00	24,00
9	Arandela cuadrada curva de A°G°, 57x57x5mm, 18Ømm de agujero	und.	4,00	8,00	32,00
10	Perno maquinado de A°G°, 16mmØx305mm LONG., 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	2,00	12,50	25,00
11	Tuerca OJO de A°G°, forjado, para perno de 16mmØx80mmx38mm, PARA perno de 16mmØ	und.	5,00	8,25	41,25
12	Brazo soporte (Riostra) de perfil angular de A°G° 38x38x5mm SECCIÓN, 710mm LONGITUD	und.	4,00	22,00	88,00
13	Grapa de anclaje	und.	6,00	20,00	120,00
14	Perno doble. Armado de A°G°, 16mmØ x 457mm LONG., con 4 tuercas	und.	3,00	9,00	27,00
15	Aislador de porcelana TIPO SUSPENSIÓN, Clase ANSI 52 - 3	und.	12,00	135,00	1620,00
16	Perno maquinado de A°G°, 13mmØx254mm LONG., 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	1,00	12,00	12,00
17	Perno coche de A°G°, 13mmØx152mm LONG., 76mm MAQUINADO, con arandela, tuerca y contratuerca	und.	4,00	6,50	26,00
18	Cruceta de madera tratada de 90x115mm SECCIÓN, 2,40 m LONG.	und.	2,00	130,00	260,00
19	Arandela cuadrada plana de A°G°, 57x57x5mm, 18Ø mm de agujero	und.	10,00	8,00	80,00
					<b>9426,68</b>
<b>MATERIAL DE FERRETERIA PARA ARMADO DE ESTRUCTURA STB</b>					
1	Alambre de amarre A°G° N°18	m	15,00	0,50	7,50

2	Fusible Tipo expulsión 20A, Tipo K				
3	Fusible Tipo expulsión 20A, Tipo K	und.	3,00	20,00	60,00
4	Conector de Cu, tipo perno partido	und.	4,00	12,00	48,00
5	Cable NYY Unipolar en conformación paralela	m	5,00	40,00	200,00
6	Tablero de distribución trifásico, Incluye accesorios para fijación	und.	1,00	4500,00	4500,00
7	Grapa en "U" para fijación de conductor de bajada a tierra	und.	20,00	10,00	200,00
8	Conductor de cobre recocido, temple duro, cableado, de 35 mm <sup>2</sup> ., para puesta a tierra	m	10,00	12,00	120,00
9	Grapa de doble vía de aluminio para conductor de 35 mm <sup>2</sup>	und.	3,00	8,06	24,18
10	Arandela plana cuadrada de A°G°, 75x75x5mm, 21mmØ de agujero	und.	4,00	12,00	48,00
11	Arandela cuadrada curva de A°G°, 57x57x5mm, 18mmØ de agujero	und.	2,00	12,00	24,00
12	Arandela cuadrada plana de A°G°, 57x57x5mm, 18mmØ de agujero	und.	4,00	12,00	48,00
13	Perno maquinado de A°G°, 13mmØx254mm LONG., 152mm MAQUINADO, con tuerca y	und.	2	12	24,00
14	Perno maquinado de A°G°, 13mmØx254mm LONG., 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	2,00	12,00	24,00
15	Perno maquinado A°G°, 19mmØx457mm, con tuerca y contratuerca	und.	2,00	12,5	25,00
16	Perno maquinado A°G°, 16mmØx305mm, con tuerca y contratuerca	und.	8,00	12	96,00
17	Perno maquinado A°G°, 16mmØx254mm, con tuerca y contratuerca	und.	4,00	12	48,00
18	Perno coche de A°G°, 13mmØx152mm LONG., 76mm MAQUINADO, con arandela, tuerca y contratuerca	und.	4,00	6,50	26,00
19	Brazo soporte (Riostra) de perfil angular de A°G° 38x38x6mm SECCIÓN, 710mm LONGITUD	und.	4,00	22,00	88,00
20	Pararrayos tipo autoválvula de óxido metálico	und.	3,00	400,00	1200,00
21	Seccionador fusible tipo expulsión	und.	3,00	400,00	1200,00
22	Espiga para cruceta	und.	4,00	18,00	72,00
23	Espiga para cabeza de de poste	und.	2,00	22,00	44,00
24	Ailador de porcelana tipo PIN, clase ANSI 56 - 3	und.	6,00	80,00	480,00
25	Tabla de madera tratada de 300x300x25mm	und.	6,00	25,00	150,00
26	Cruceta de madera tratada de 90x254mm SECCIÓN, 2,40 m LONG.	und.	2,00	140,00	280,00

27	Cruceta de madera tratada de 90x115mm SECCIÓN Y 2,40 m LONG.	und.	3,00	130,00	390,00
<b>POSTES DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO</b>					<b>14600,00</b>
1	Poste de concreto armado centrifugado Tipo TS-3 12 m/300 kg	und.	2,00	900,00	1800,00
2	Poste de concreto armado centrifugado Tipo PSEC-3 12 m/300kg	und.	1,00	1000,00	1000,00
3	Poste de concreto armado centrifugado Tipo PA1-3 12 m/300 kg	und.	1,00	800,00	800,00
4	Poste de concreto armado centrifugado Tipo PS1-3 12 m/300 kg	und.	6,00	800,00	4800,00
5	Poste de concreto armado centrifugado Tipo PA3-3 12 m/300 kg	und.	1,00	700,00	700,00
6	Poste de concreto armado centrifugado Tipo PR3-3 12 m/300 kg	und.	1,00	700,00	700,00
7	Poste de concreto armado centrifugado Tipo STB 12 m/300 kg	und.	4,00	1200	4800,00
<b>RETENIDAS Y ANCLAJES</b>					<b>1959,52</b>
1	Cable de acero grado siemens martin, de 10 mm .	m	84,00	3,28	275,52
2	Varilla de anclaje de A°G° 16 mm f x 2,40 m, provisto de ojal guardacabo en un extremo; TCA y CTCA en el otro	und.	12,00	25	300,00
3	Abrazadera de cuatro sectores, de 70 kn, incl. pernos y arandela	und.	14,00	25	350,00
4	Mordaza preformada de A°G° para cable de 10 mm f.	und.	12,00	8	96,00
5	Alambre galvanizado N° 14 para amarre.	m	100,00	0,5	50,00
6	Arandela de anclaje, de A°G°, 102 x 102 x 6.35 mm, agujero de 18 mm.	und.	16,00	3	48,00
7	Arandela cuadrada curva de A°G°, 57 x 57 x 5 mm, agujero de 18 mm.	und.	16,00	3	48,00
8	Aislador tipo suspensión polimérico de 36kv	und.	12,00	15	180,00
9	grillete de acero de 70kn	und.	12,00	6	72,00
10	Guardacable A°G° 2mm (1/16")x 2400mm, con perno y seguro	und.	12,00	25	300,00
11	bloque de concreto de 0,50 x 0,50 x 0,20 m.	und.	6,00	40	240,00
<b>MATERIAL PARA PUESTA A TIERRA</b>					<b>2113,74</b>
1	Electrodo de acero recubierto de cobre de 16 mm ø x 2,40 m	und	18,00	45,00	810,00
2	Conector de bronce para electrodo de 16 mm ø	und	18,00	4,03	72,54
3	Plancha doblada de cobre para toma a tierra de espigas y/ o pernos	und	18,00	8,06	145,08

4	Conector de cobre tipo perno partido para conductor de 16 mm <sup>2</sup> .	und	32,00	5,04	161,28
5	Conector doble via bimetálico p/cable acero 10mm y cu. 16 mm <sup>2</sup>	und	32,00	8,06	257,92
6	Caja registro de concreto para p.t. 0.50x0.50x0.45m	und	16,00	15,12	241,92
7	Bentonita/30kg.	bls.	17	25	425,00
<b>EQUIPO DE PROTECCION Y MANIOBRA</b>					<b>2280,00</b>
1	Seccionador-fusible unipolar tipo expulsión (cut-out) de 27 kv,100 A)	und	2	600	1200,00
2	Fusible tipo expulsión de 20A, tipo K.	und	4	20	80,00
3	Pararrayos tipo autovalvula de oxido metálico, 24 kv, 10 kA.	und	2	500	1000,00
<b>AGREGADOS</b>					<b>9533,00</b>
1	Cemento portlan tipo 1	bls.	17	24	408,00
2	Hormigón	m3	59,5	150	8925,00
3	Piedra grande de 6"	m3	4	50	200,00
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>254591,50</b>
<b>GASTOS GENERALES (11.9190%)</b>					30344,76
<b>UTILIDAD (10%)</b>					25459,15
<b>SUBTOTAL</b>					<b>310395,41</b>
<b>IMPUESTO (IGV 18%)</b>					55871,17
<b>PRESUPUESTO DE OBRA</b>					<b>366266,58</b>
<b>EXPEDIENTE TÉCNICO</b>					6024,90
<b>SUPERVISIÓN</b>					7352,00
<b>PRESUPUESTO TOTAL (S/.)</b>					<b>379643,48</b>

## ANEXO 17: PRESUPUESTO DEL PROYECTO - MONTAJE

PRESUPUESTO					
PROYECTO	<b>DISEÑO DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA UTILIZANDO LA CASCARILLA DE ARROZ PARA REDUCIR COSTOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS MOLINOS DE ARROZ DE LA PROVINCIA DE JAÉN</b>				
SUBPRESUPUESTO	<b>PROYECTO - MONTAJE</b>				
LUGAR	<b>JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA</b>				
FECHA	<b>JULIO, 2019</b>				
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und.	METRADO	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>87696,21</b>
1	Cartel para obra (estándar mem/dep).	und.	1	1221,64	1221,64
2	Replanteo topográfico y ubicación de estructuras en línea primaria	km.	2	5735,16	11470,32
3	Monitoreo e inspección del INSTITUTO NACIONAL DE CULTURA - INC (LP)	km.	2	8214,25	8526,33
4	Ingeniería de detalle de la línea primaria.	glb.	1	2365,45	2365,45
5	Monitoreo del estudio del impacto ambiental	glb.	1	25612,47	25612,47
6	Licencias Municipales	glb.	1	8500	8500
7	Programa de manejo de residuos	glb.	1	5000	5000
8	Gastos generales supervisión de la obra (02 meses)	glb.	1	25000	25000
	<b>INSTALACIÓN DE POSTES</b>				<b>3066,2985</b>
1	Transporte de postes de almacén a punto de izaje	und.	17	63,095	1072,615
2	Excavación en terreno Tipo II (rocoso)	m3	25,5	16,17	412,2585
3	Izado de postes de 12/300	und.	17	57,65	980,05
4	Relleno compactación para Cimentación de postes de 12/300, en terreno Tipo II (rocoso)	m3	25,5	22,25	567,375
5	Solado para poste de concreto	Und.	17	2	34
6	<b>INSTALACIÓN DE RETENIDAS</b>				<b>501,004</b>

7	Excavación en terreno Tipo II (rocoso)	m3	12	16,17	194,004
8	Instalación de retenida inclinada	Und.	6		130
9	Relleno y compactación de retenida inclinada	m3	12	14,75	177
<b>MONTAJE DE ARMADOS</b>					<b>773,28</b>
1	Poste de concreto armado centrifugado Tipo TS-3 12 m/300 kg	jgo.	2,00	53,6	107,20
2	Poste de concreto armado centrifugado Tipo PSEC-3 12 m/300kg	jgo.	1,00	53,36	53,36
3	Poste de concreto armado centrifugado Tipo PA1-3 12 m/300 kg	jgo.	1,00	45,36	45,36
4	Poste de concreto armado centrifugado Tipo PS1-3 12 m/300 kg	jgo.	6,00	41,99	251,94
5	Poste de concreto armado centrifugado Tipo PA3-3 12 m/300 kg	jgo.	1,00	43,00	43,00
6	Poste de concreto armado centrifugado Tipo PR3-3 12 m/300 kg	jgo.	1,00	46,46	46,46
7	Poste de concreto armado centrifugado Tipo STB 12 m/300 kg	jgo.	4,00	56,49	225,96
<b>MONTAJE DE CONDUCTORES</b>					
1	Tendido y puesta en flecha del conductor de aleación de aluminio 35mm <sup>2</sup> /fase	km.	2	1099,41	2198,82
<b>INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA</b>					<b>2134,5</b>
1	Excavación en terreno Tipo II (rocoso)	m3	25,5	16,17	412,335
2	Instalación de puesta a tierra tipo PAT - 1	Und.	18	39,59	712,62
3	Relleno y compactación de puesta a tierra con tierra cernida	m3	25,5	39,59	1009,545
<b>PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO</b>					<b>12200</b>
1	Pruebas y puesta en servicio de la línea primaria	km.	2	5500,00	11000
2	Expediente técnico final conforme a obra(1 orig.+ cop.) de LP. Inc. Presentación digitalizada + planos CD	glb.	1	1200,00	1200

<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>106371,29</b>
<b>GASTOS GENERALES (11.9190%)</b>	<b>12678,39435</b>
<b>UTILIDAD (10%)</b>	<b>10637,12925</b>
<b>SUBTOTAL</b>	<b>129686,82</b>
<b>IMPUESTO (IGV 18%)</b>	<b>23343,6269</b>
<b>PRESUPUESTO DE OBRA</b>	<b>153030,44</b>
<b>EXPEDIENTE TÉCNICO</b>	<b>8240,1</b>
<b>SUPERVISIÓN</b>	<b>7884,26</b>

---

<b>PRESUPUESTO TOTAL (S/.)</b>	<b>169154,80</b>
--------------------------------	------------------

## ANEXO N°19: RESUMEN DEL PRESUPUESTO DEL PROYECTO

### DISEÑO DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA UTILIZANDO LA CASCARILLA DE ARROZ PARA REDUCIR COSTOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS MOLINOS DE ARROZ DE LA PROVINCIA DE JAÉN

#### RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO

ITEM	DESCRIPCIÓN	TOTAL (S/.)
1	SUMINISTO DE MATERIALES	254591,5
2	MONTAJE ELECTROMECAÁNICO	106371,29
3	TRANSPORTE DE MATERIALES (8%)	20367,32
4	COSTO DIRECTO	381330
5	GASTOS GENERALES (11,9190%)	45450,73581
	UTILIDAD (10%)	38133,011
6	SUBTOTAL	464914
7	IMPUESTO (IGV 18%)	83684,49
8	PRESUPUESTO DE OBRA	548598
9	EXPEDIENTE TÉCNICO	14265
10	SUPERVISIÓN	15236
11	PRESUPUESTO TOTAL (S/.)	579169,76

**Fuente:** Elaboración propia

**Obs:** Para realizar el presupuesto en el presente trabajo de investigación, se ha tomado en cuenta el proyecto **INSTALACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO RURAL MICROCUENCA CHIRIMOYO – CAJAMARQUINO – CAJAMARCA**, realizado por el **INSPECTOR ING. WILMER JAVIER** y el **ASISTENTE ING. JULIO DIEGO CARRASCO SANCHEZ**. Esta referencia es importante, ya que me permite cotizar algunos precios que sirven en la elaboración del presupuesto final en esta investigación.

## ANEXO N°20: COTIZACIÓN N°1 - PRESUPUESTO DEL PROYECTO



Registro Único de Contribuyente (RUC): 20602787576  
 Estado: ACTIVO  
 Tipo de Sociedad: SOC.COM.RESPONS. LTDA

La siguiente proforma solo deberá ser tomada en cuenta para que el Bach. Edwin Johannes Alcántara Gómez, pueda sustentar de manera efectiva los precios realizados en su tesis. No aplica para otros asuntos.

ITEM	DESCRIPCIÓN	Unidad	Metrado	P. Unitario S/	Total S/.
1	Caldera de vapor de 116BHP - Modelo RL-1.500	und.	1	48000	48000
2	Tanque de agua de alimentación - 1000L	und.	1	900	900
3	Tubos de acero sin costura ASTM-192 de 2"	und.	70	22	1540
4	Lámina de acero galvanizado de 1/8"	und.	6	200	1200
5	Soldadura Supercito 1/8"	kg.	10	15	150
6	Turbina de Vapor - Generador Modelo SST - 040	und.	1	62000	62000
7	Transformador 400kVA	und.	1	40000	40000
<b>Total</b>					<b>153790</b>



**GAMAN INGENIEROS**  
ESTUDIOS, SUPERVISION Y EJECUCION DE  
PROYECTOS ELECTROMECANICOS

Registro Único de Contribuyente (RUC): 20602787578

Estado: ACTIVO

Tipo de Sociedad: SOC.COM.RESPONS. LTDA

	PARARRAYO CON DESCARGA EN POZO A TIERRA	Unidad	Métro do	P. Unitario S/	Total S/.
1	Cabezal letra puntal	und	1	220	220
2	Abrazaderas aislantes	und	1	51	51
3	Cable de cobre N°16	m	35	7	245
4	Tubo de fierro de 2"	m	2	115	30
5	Tubo de agua de 2"x3m	und	7	25.57	200
6	Caja de registro de pozo a tierra	und	1	50	50
7	Varilla de cobre de 3/4"	m	2	130	260
8	Pernos de 5/8x2"	und	2	4	8
9	Abrazaderas	und	2	3.75	7.5
10	Aisladores	und	2	3.75	7.5
11	Conectores AB	und	2	7.5	15
12	Cintillos	und	50	0.12	6
13	Prensa Estopa	und	1	6	6
14	Arena fina	m3	1	50	50
15	sal industrial/2.5kg.	und	1	25	25
16	(1) saco de carbón	und	1	50	50
17	(1) costal de aserrin	und	1	10	10
18	Tierra negra	m3	1	50	50
19	Bentonita/30kg.	und	1	25	25
Total					1316

Calle próceres #480 – José L. Ortiz – Chiclayo  
Cel: 976049220



**GAMAN INGENIEROS**  
ESTUDIOS, SUPERVISION Y EJECUCION DE  
PROYECTOS ELECTROMECAÑICOS

Registro Único de Contribuyente (RUC): 20602787578

Estado: ACTIVO

Tipo de Sociedad: SOC.COM.RESPONS. LTDA

AISLADORES Y ACCESORIOS		Unidad	Netado	P. Unitario S/	Total S/
1	Aislador polimérico tipo PIN	und	32	75	2400
2	Esfera de acero para rieles 508 mm para cabeza de costura	mod	50	1613	8065
CADENA DE AISLADORES					
4	Cadena completa por dos aisladores de costura clase ansi	und	17	120	2040
5	grileta recto	und	17	15	255
6	adaptador anillo - bola	und	17	15	255
7	adaptador casquillo casquillo - ojo alargado	und	17	15	255
8	punta grapa de amar. para conductor de al 35mm2	m	17	3	51
<b>Total</b>					<b>6062.5</b>
CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO					
1	conductor de aleacion de aluminio de 35 mm2	km	2	3100	6200
ACCESORIOS PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO					
1	vacilla de amar. reforzada simple para conductor de 35 mm	und	40	7.56	302.4
2	grapa de doble via de aluminio para conductor de 35 mm2	und	40	5.04	201.6
3	plombrera de amarra de aluminio recocido de 35 mm2	m	150	1.18	177
4	grapa de anclaje para conductor de 35 mm2	und	30	20.16	604.8
5	conector de doble via de aluminio para conductor de 35mm2	und	40	8.06	322.4
6	conductor de cobre duro 7 hilos de 35 mm2	m	45	12	540
<b>Total</b>					<b>20473.2</b>
<b>Sub total</b>					<b>187841.7</b>

**Obs:**

Los precios en soles (S/), no incluyen IGV.

**Atte:**

Ing. Diaz Ochoa, Ernesto Alonso - CIP: 186250

Gerente General

Calle próceres #480 – José L. Ortiz – Chiclayo  
Cel: 976049220

## ANEXO N°21: COTIZACIÓN N°2 - PRESUPUESTO DEL PROYECTO



**GRUPO RV  
INGENIEROS  
ASOCIADOS S.R.L.**  
RUC: 20602821090

Asesoría, Consultoría y Elaboración de Perfiles, Estudios y Proyectos de Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Civil y Ambiental.  
Ejecución y Supervisión de Servicios y Obras de Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Civil y Ambiental.  
Mantenimiento de Vehículos, Maquinaria Pesada en General y Sistemas Electromecánicos e Hidráulicos.  
Venta de Materiales para Alta, Medía y Baja Tensión.  
Alquiler de Herramientas y Equipos Eléctricos y Topográficos.

**RAZON SOCIAL :** EDWIN JOHANNES ALCANTARA GOMEZ  
**RUC :** 10468204229  
**CONTACTO :** EDWIN JOHANNES ALCANTARA GOMEZ  
**DIRECCION :** JAEN  
**ASUNTO :** SUMINISTRO DE FERRETERIA Y CABLES DE ENERGIA

**COTIZACION:** 007-2020

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	METRAO TOTAL	PRECIO UNITARIO S/	PRECIO TOTAL S/
<b>1.00</b>	<b>MATERIAL DE FERRETERIA PARA ARMADO DE ESTRUCTURA TIPO TS-3</b>				<b>5/3.942.00</b>
1.01	Alambre de amarre A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> Nº 18	m	15.00	5,0.50	5/77.50
1.02	Espiga para cruzeta	und.	4.00	5/18.00	5/72.00
1.03	Espiga para cabeza de de poste	und.	2.00	5/22.00	5/44.00
1.04	Alidador de porcelana tipo PIN, clase ANSI	und.	6.00	5/160.00	960.00
1.05	Perno OJO de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 16mmØx254mm Longitud, 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	2.00	5/12.50	5/25.00
1.06	Grilete de acero de 70N	und.	6.00	5,6.00	5/36.00
1.07	Adaptador casquillo - ojo alargado	und.	6.00	5,4.00	5/24.00
1.08	Adaptador anillo - bola	und.	6.00	5,4.00	5/24.00
1.09	Arandela cuadrada curva de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 57x57x5mm, 180mm de agujero	und.	8.00	5/3.00	5/24.00
1.10	Perno maquinado de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 16mmØx254mm LONG., 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	4.00	5/12.50	5/50.00
1.11	Tuerca OJO de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , forjado, para perno de 16mmØ	und.	6.00	5,8.25	5/48.50
1.12	Brazo soporte (Rostra) de perfil angular de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> 38x38x5mm SECCION, 710mm LONGITUD	und.	8.00	5/22.00	5/176.00
1.13	Grapa de anclaje	und.	6.00	5/20.00	5/120.00
1.14	Perno doble. Armado de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 36mmØ x 457mm LONG., con 4 tuercas	und.	6.00	5,9.00	5/54.00
1.15	Alidador de porcelana TIPO SUSPENSION, Clase ANSI 52 - 3	und.	12.00	5/135.00	5/1.620.00
1.16	Perno maquinado de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 13mmØx152mm LONG., 76mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	2.00	5/12.00	5/24.00
1.17	Perno coche de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 13mmØx152mm LONG., 76mm MAQUINADO, con arandela, tuerca y contratuerca	und.	8.00	5,8.50	5/68.00
1.18	Cruzeta de madera tratada de 90x115mm SECCION, 2,40 m LONG.	und.	4.00	5/130.00	5/520.00
1.19	Arandela cuadrada plana de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 57x57x5mm, 180mm de agujero	und.	20.00	5/3.00	5/60.00
<b>2.00</b>	<b>MATERIAL DE FERRETERIA PARA ARMADO DE ESTRUCTURA TIPO PSEC - 3</b>				<b>5/4.238.25</b>
2.01	Grilete de acero de 70N	und.	6.00	5,6.00	5/36.00
2.02	Fusible Tipo expulsión 20A, Tipo K	und.	3.00	5/20.00	5/60.00
2.03	Conductor de Cu, Para puesta a tierra	m	4.00	5/12.00	5/48.00
2.04	Conector de Cu, tipo perno partido	und.	3.00	5/17.00	5/51.00
2.05	Adaptador Casquillo - ojo alargado	und.	6.00	5,4.00	5/24.00
2.06	adaptador anillo - bola	und.	6.00	5,4.00	5/24.00
2.07	Perno OJO de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 16mmØx254mm Longitud, 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	1.00	5/12.50	5/12.50
2.08	Tuerca OJO de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , forjado, para perno de 16mmØ	und.	5.00	5,8.25	5/41.25
2.09	Perno maquinado de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 16mmØx254mm LONG., 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	1.00	5/12.50	5/12.50
2.10	Arandela cuadrada curva de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 57x57x5mm, 180mm de agujero	und.	3.00	5,8.00	5/24.00
2.11	Pararrayos tipo autoválvula de óxido metálico	und.	3.00	5/400.00	5/1.200.00
2.12	Sectionador fusible tipo expulsión	und.	3.00	5/400.00	5/1.200.00
2.13	Brazo soporte (Rostra) de perfil angular de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> 38x38x5mm SECCION, 710mm LONGITUD	und.	6.00	5/22.00	5/132.00
2.14	Grapa de anclaje	und.	6.00	5/20.00	5/120.00
2.15	Perno doble. Armado de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 36mmØ x 457mm LONG., con 4 tuercas	und.	3.00	5,9.00	5/27.00
2.16	Arandela cuadrada plana de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 57x57x5mm, 180mm de agujero	und.	11.00	5/3.00	5/33.00
2.17	Perno maquinado de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 13mmØx152mm LONG., 76mm MAQUINADO, con arandela, tuerca y contratuerca	und.	2.00	5/12.00	5/24.00
2.18	Cruzeta de madera tratada de 90x115mm SECCION, 2,40 m LONG.	und.	6.00	5/130.00	5/780.00
2.19	Alidador de porcelana TIPO SUSPENSION, Clase ANSI 52 - 3	und.	3.00	5/135.00	5/405.00
<b>3.00</b>	<b>MATERIAL DE FERRETERIA PARA ARMADO DE ESTRUCTURA TIPO PAI - 3</b>				<b>5/5.416.75</b>
3.01	Alambre de amarre A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> Nº 18	m	17.50	5,0.50	5/87.50
3.02	Vanilla de armar preformada doble para conductor de 35 mm <sup>2</sup>	und.	3.00	5,8.00	5/24.00
3.03	Vanilla de armar preformada simple para conductor de 35 mm <sup>2</sup>	und.	1.00	5/10.00	5/10.00
3.04	Tubo espaciador de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 19mmØx39mm LONGITUD	und.	2.00	5/25.00	5/50.00
3.05	Perno maquinado de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 16mmØx456mm LONG., 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	2.00	5/12.50	5/25.00
3.06	Soporte y separador de vértice de poste de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 110mm SEPARACION PLATINA 76x64mm SECC	und.	2.00	5,45.00	5/90.00
3.07	Espiga de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> PARA vértice de poste de 609 mm LONG, 4mm Espesor para PIN ANSI 56-3	und.	2.00	5/18.00	5/36.00
3.08	Brazo soporte (Rostra) de perfil angular de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> 38x38x5mm SECCION, 710mm LONGITUD	und.	4.00	5/22.00	5/88.00
3.09	Arandela cuadrada plana de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 57x57x5mm, 180mm de agujero	und.	12.00	5/3.00	5/36.00
3.10	Perno doble. Armado de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 36mmØ x 457mm LONG., con 4 tuercas	und.	3.00	5,9.00	5/27.00
3.11	Perno maquinado de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 16mmØx254mm LONG., 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	2.00	5/12.50	5/25.00
3.12	Porta línea Unipolar de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 149 x 85mm, PLATINA 38 x 5mm SECCION, PIN 36mmØ	und.	1.00	5/135.00	5/135.00
3.13	Alidador de porcelana TIPO CARRETE, CLASE ANSI 53 - 2	und.	1.00	5,80.00	5/80.00
3.14	Alidador de porcelana tipo PIN, clase ANSI 56 - 3	und.	6.00	5,80.00	960.00
3.15	Perno maquinado de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 13mmØx152mm LONG., 76mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	1.00	5/12.00	5/12.00
3.16	Perno coche de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 13mmØx152mm LONG., 76mm MAQUINADO, con arandela, tuerca y contratuerca	und.	4.00	5,6.50	5/26.00
3.17	Arandela cuadrada curva de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 57x57x5mm, 180mm de agujero	und.	3.00	5,8.00	5/24.00
3.18	Cruzeta de madera tratada de 90x115mm SECCION, 2,40 m LONG.	und.	2.00	5/130.00	5/260.00
<b>4.00</b>	<b>MATERIAL DE FERRETERIA PARA ARMADO DE ESTRUCTURA TIPO PS1 - 3</b>				<b>5/3.469.90</b>
4.01	Alambre de amarre A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> Nº 18	m	45.00	5,0.50	5/22.50
4.02	Vanilla de armar preformada simple para conductor de 35 mm <sup>2</sup>	und.	18.00	5/10.00	5/180.00
4.03	Perno maquinado de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 16mmØx305mm LONG., 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	6.00	5/12.50	5/75.00
4.04	Espiga de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> PARA vértice de poste de 609 mm LONG, 4mm Espesor para PIN ANSI 56-3	und.	12.00	5/18.00	5/216.00
4.05	Perno coche de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 13mmØx152mm LONG., 76mm MAQUINADO, con arandela, tuerca y contratuerca	und.	12.00	5,6.50	5/78.00
4.06	Perno maquinado de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 13mmØx154mm LONG., 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	6.00	5/12.00	5/72.00
4.07	Brazo soporte (Rostra) de perfil angular de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> 38x38x5mm SECCION, 710mm LONGITUD	und.	12.00	5/22.00	5/264.00
4.08	Cruzeta de madera tratada de 90x115mm SECCION, 2,40 m LONG.	und.	6.00	5/130.00	5/780.00
4.09	Arandela cuadrada plana de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 57x57x5mm, 180mm de agujero	und.	6.00	5,8.00	5/48.00
4.10	Arandela cuadrada curva de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 57x57x5mm, 180mm de agujero	und.	18.00	5,8.00	5/144.00
4.11	Perno maquinado de A <sup>º</sup> G <sup>º</sup> , 16mmØx254mm LONG., 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	12.50	5/12.00	5/150.00
4.12	Alidador de porcelana tipo PIN, clase ANSI 56 - 3	und.	18.00	5,80.00	5/1.440.00



**GRUPO RV  
INGENIEROS  
ASOCIADOS S.R.L.**  
RUC: 20602821090

Asesoría, Consultoría y Elaboración de Perfiles, Estudios y Proyectos de Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Civil y Ambiental.  
Ejecución y Supervisión de Servicios y Obras de Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Civil y Ambiental.  
Mantenimiento de Vehículos, Maquinaria Pesada en General y Sistemas Electromecánicos e Hidráulicos.  
Venta de Materiales para Alta, Media y Baja Tensión.  
Alquiler de Herramientas y Equipos Eléctricos y Topográficos.

RAZON SOCIAL : EDWIN JOHANNES ALCANTARA GOMEZ

RUC : 10468204229

CONTACTO : EDWIN JOHANNES ALCANTARA GOMEZ

DIRECCION : JAEN

ASUNTO : SUMINISTRO DE FERRETERIA Y CABLES DE ENERGIA

COTIZACION: 007-2020

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	METRAO TOTAL	PRECIO UNITARIO \$/	PRECIO TOTAL \$/
<b>5.00</b>	<b>MATERIAL DE FERRETERIA PARA ARMADO DE ESTRUCTURA TIPO PA3 - 3</b>				<b>\$/ 2.019,38</b>
5.01	Grapa de doble via de aluminio para conductor de 35 mm <sup>2</sup>	und.	3,00	\$/8,06	\$/24,18
5.02	Grilete de acero de 70kN	und.	6,00	\$/6,00	\$/36,00
5.03	Adaptador casquillo - ojo alargado	und.	6,00	\$/4,00	\$/24,00
5.04	adaptador anillo - bola	und.	6,00	\$/4,00	\$/24,00
5.05	Grapa de anclaje	und.	6,00	\$/20,00	\$/120,00
5.06	Aislador de porcelana TIPO SUSPENSION, Clase ANSI 52 - 3	und.	12,00	\$/135,00	\$/1.620,00
5.07	Perno OJO de A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> , 16mmØx254mm Longitud, 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	6,00	\$/12,50	\$/75,00
5.08	Arandela cuadrada curva de A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> , 57x57x5mm, 180mm de agujero	und.	12,00	\$/8,00	\$/96,00
<b>6.00</b>	<b>MATERIAL DE FERRETERIA PARA ARMADO DE ESTRUCTURA TIPO PR3 - 3</b>				<b>\$/ 3.955,38</b>
6.01	Alambre de amarre A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> Nº 18	m	2,50	\$/0,50	\$/1,25
6.02	Espeja para cabeza de de poste	und.	1,00	\$/22,00	\$/22,00
6.03	Aislador de porcelana tipo PIN, clase ANSI 56 - 3	und.	1,00	\$/80,00	\$/80,00
6.04	Grapa de doble via de aluminio para conductor de 35 mm <sup>2</sup>	und.	3,00	\$/8,06	\$/24,18
6.05	Perno OJO de A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> , 16mmØx254mm Longitud, 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	1,00	\$/12,50	\$/12,50
6.06	Grilete de acero de 70kN	und.	6,00	\$/6,00	\$/36,00
6.07	Adaptador casquillo - ojo alargado	und.	6,00	\$/4,00	\$/24,00
6.08	adaptador anillo - bola	und.	6,00	\$/4,00	\$/24,00
6.09	Arandela cuadrada curva de A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> , 57x57x5mm, 180mm de agujero	und.	4,00	\$/8,00	\$/32,00
6.10	Perno maquinado de A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> , 16mmØx105mm LONG., 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	2,00	\$/12,50	\$/25,00
6.11	Tuerca OJO de A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> , forjado, para perno de 16mmØx80mmx38mm, PARA perno de 16mmØ	und.	5,00	\$/8,25	\$/41,25
6.12	Brzo soporte (Bisotra) de perfil angular de A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> 38x38x6mm SECCION, 710mm LONGITUD	und.	4,00	\$/22,00	\$/88,00
6.13	Grapa de anclaje	und.	6,00	\$/20,00	\$/120,00
6.14	Perno doble. Armado de A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> , 16mmØ x 457mm LONG., con 4 tuercas	und.	3,00	\$/9,00	\$/27,00
6.15	Aislador de porcelana TIPO SUSPENSION, Clase ANSI 52 - 3	und.	12,00	\$/135,00	\$/1.620,00
6.16	Perno maquinado de A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> , 13mmØx254mm LONG., 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	1,00	\$/12,00	\$/12,00
6.17	Perno coche de A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> , 13mmØx152mm LONG., 76mm MAQUINADO, con arandela, tuerca y contratuerca	und.	4,00	\$/6,50	\$/26,00
6.18	Cruceta de madera tratada de 90x119mm SECCION, 2,40 m LONG.	und.	2,00	\$/110,00	\$/220,00
6.19	Arandela cuadrada plana de A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> , 57x57x5mm, 180mm de agujero	und.	10,00	\$/8,00	\$/80,00
<b>7.00</b>	<b>MATERIAL DE FERRETERIA PARA ARMADO DE ESTRUCTURA STB</b>				<b>\$/ 9.426,88</b>
7.01	Alambre de amarre A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> Nº 18	m	15,00	\$/0,50	\$/7,50
7.02	Fusible Tipo expulsión 20A, Tipo K	und.	3,00	\$/20,00	\$/60,00
7.03	Conector de Cu, tipo perno partido	und.	4,00	\$/12,00	\$/48,00
7.04	Cable NYY Unipolar en conformación paralela	m	5,00	\$/40,00	\$/200,00
7.05	Tafelero de distribución trifásico, Incluye accesorios para fijación	und.	1,00	\$/4.500,00	\$/4.500,00
7.06	Grapa en "U" para fijación de conductor de bajada a tierra	und.	20,00	\$/10,00	\$/200,00
7.07	Conductor de cobre recocido, temple duro, cableado, de 35 mm <sup>2</sup> , para puesta a tierra	m	10,00	\$/12,00	\$/120,00
7.08	Grapa de doble via de aluminio para conductor de 35 mm <sup>2</sup>	und.	3,00	\$/8,06	\$/24,18
7.09	Arandela plana cuadrada de A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> , 75x75x5mm, 21mmØ de agujero	und.	4,00	\$/12,00	\$/48,00
7.10	Arandela cuadrada curva de A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> , 57x57x5mm, 18mmØ de agujero	und.	2,00	\$/12,00	\$/24,00
7.11	Arandela cuadrada plana de A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> , 57x57x5mm, 18mmØ de agujero	und.	4,00	\$/12,00	\$/48,00
7.12	Perno maquinado de A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> , 13mmØx254mm LONG., 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	2,00	\$/12,00	\$/24,00
7.13	Perno maquinado de A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> , 13mmØx254mm LONG., 152mm MAQUINADO, con tuerca y contratuerca	und.	2,00	\$/12,00	\$/24,00
7.14	Perno maquinado A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> , 19mmØx457mm, con tuerca y contratuerca	und.	2,00	\$/12,50	\$/25,00
7.15	Perno maquinado A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> , 16mmØx105mm, con tuerca y contratuerca	und.	8,00	\$/12,00	\$/96,00
7.16	Perno maquinado A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> , 16mmØx254mm, con tuerca y contratuerca	und.	4,00	\$/12,00	\$/48,00
7.17	Perno coche de A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> , 13mmØx152mm LONG., 76mm MAQUINADO, con arandela, tuerca y contratuerca	und.	4,00	\$/6,50	\$/26,00
7.18	Brzo soporte (Bisotra) de perfil angular de A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> 38x38x6mm SECCION, 710mm LONGITUD	und.	4,00	\$/22,00	\$/88,00
7.19	Pararrayos tipo autoválvula de óxido metálico	und.	3,00	\$/400,00	\$/1.200,00
7.20	Seccionador fusible tipo expulsión	und.	3,00	\$/400,00	\$/1.200,00
7.21	Espeja para cruceta	und.	4,00	\$/18,00	\$/72,00
7.22	Espeja para cabeza de de poste	und.	2,00	\$/22,00	\$/44,00
7.23	Aislador de porcelana tipo PIN, clase ANSI 56 - 3	und.	6,00	\$/80,00	\$/480,00
7.24	Tafel de madera tratada de 300x300x25mm	und.	6,00	\$/25,00	\$/150,00
7.25	Cruceta de madera tratada de 90x254mm SECCION, 2,40 m LONG.	und.	2,00	\$/140,00	\$/280,00
7.26	Cruceta de madera tratada de 90x119mm SECCION Y 2,40 m LONG.	und.	3,00	\$/130,00	\$/390,00
<b>8.00</b>	<b>RETENIDAS Y ANCLAJES</b>				<b>\$/ 1.959,52</b>
8.01	Cable de acero grado siemens martin, de 10 mm.	m	84,00	\$/23,28	\$/1.959,52
8.02	Vañila de anclaje de A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> 16 mm f x 2,40 m, provisto de ojal guardacabo en un extremo; TCA y CTCA en el otro	und.	12,00	\$/25,00	\$/300,00
8.03	Abrazadera de cuatro sectores, de 70 kn, incl. pernos y arandela	und.	14,00	\$/25,00	\$/350,00
8.04	Mordaza preformada de A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> para cable de 10 mm f.	und.	12,00	\$/8,00	\$/96,00
8.05	Alambre galvanizado Nº 14 para amarre.	m	100,00	\$/0,50	\$/50,00
8.06	Arandela de anclaje de A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> , 102 x 102 x 6,35 mm, agujero de 18 mm.	und.	16,00	\$/3,00	\$/48,00
8.07	Arandela cuadrada curva de A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> , 57 x 57 x 5 mm, agujero de 18 mm.	und.	16,00	\$/3,00	\$/48,00
8.08	Aislador tipo suspensión polimérico de 36kv	und.	12,00	\$/15,00	\$/180,00
8.09	grilete de acero de 70kn	und.	12,00	\$/6,00	\$/72,00
8.10	Guardacable A <sup>3</sup> G <sup>3</sup> 2mm (1/16")x 2400mm, con perno y seguro	und.	12,00	\$/25,00	\$/300,00
8.11	bloque de concreto de 0,50 x 0,50 x 0,20 m.	und.	6,00	\$/40,00	\$/240,00
<b>9.00</b>	<b>MATERIAL PARA PUESTA A TIERRA</b>				<b>\$/ 2.113,24</b>
9.01	Electrodo de acero recubierto de cobre de 16 mm ø x 2,40 m	und.	18,00	\$/45,00	\$/810,00
9.02	Conector de bronce para electrodo de 16 mm ø	und.	18,00	\$/4,03	\$/72,54



**GRUPO RV  
INGENIEROS  
ASOCIADOS S.R.L.**  
RUC: 20602821090

Asesoría, Consultoría y Elaboración de Perfiles, Estudios y Proyectos de Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Civil y Ambiental.  
Ejecución y Supervisión de Servicios y Obras de Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Civil y Ambiental.  
Mantenimiento de Vehículos, Maquinaria Pesada en General y Sistemas Electromecánicos e Hidráulicos.  
Venta de Materiales para Alta, Media y Baja Tensión.  
Alquiler de Herramientas y Equipos Eléctricos y Topográficos.

**RAZON SOCIAL :** EDWIN JOHANNES ALCANTARA GOMEZ  
**RUC :** 10468204229  
**CONTACTO :** EDWIN JOHANNES ALCANTARA GOMEZ  
**DIRECCION :** JAEN  
**ASUNTO :** SUMINISTRO DE FERRETERIA Y CABLES DE ENERGIA

**COTIZACION:** 007-2020

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	METRAO TOTAL	PRECIO UNITARIO S/	PRECIO TOTAL S/
9.03	Plancha doblada de cobre para toma a tierra de espigas y/ o pernos	und	18.00	S/8.06	9145.08
9.04	Conector de cobre tipo pemo partido para conductor de 16 mm <sup>2</sup> .	und	32.00	S/5.04	9161.28
9.05	Conector doble via bimetálico p/ cable acero 10mm <sup>2</sup> y cu. 16 mm <sup>2</sup>	und	32.00	S/8.06	9257.92
9.06	Caja registro de concreto para p.t. 0.50x0.50x0.45m	und	16.00	S/15.12	9241.92
9.07	Berlinita/ 30kg.	Hs.	17.00	S/25.00	9425.00
<b>10.00</b>	<b>EQUIPO DE PROTECCION Y MANIOBRA</b>				<b>S/ 2,280.00</b>
10.01	Seccionador fusible unipolar tipo expulsión (out-out) de 27 kv,100 A)	und	2.00	S/600.00	S/1,200.00
10.02	Fusible tipo expulsión de 20A, tipo K.	und	4.00	S/20.00	S/80.00
10.03	Pararay tipo autovalvula de oxidó metálico, 24 kv, 10 kA.	und	2.00	S/900.00	S/1,800.00
<b>SUB TOTAL</b>					S/23,441.80
<b>IGV</b>					-
<b>TOTAL</b>					S/23,441.80

Forma de Pago: 100% Adelantado.

Precios: Nuestros precios están dados en soles y NO incluyen I.G.V.

Validez de la Oferta: Quince (15) días

El material se entrega en almacenes de Grupo RV Ingenieros Asociados S.R.L.

Cuenta corriente Caja Rural - SOLES: 210 - 01 - 8336192 CCI: 8010021001833619288

Atentamente,

GRUPO RV INGENIEROS ASOCIADOS S.R.L.  
RUC: 20602821090  
Gerente General  
EDWIN JOHANNES ALCANTARA GOMEZ  
GERENTE GENERAL

ANEXO N°22: ENTREVISTA “PILADORA EL SOL”

FICHA GUÍA DE ENTREVISTA

**OBJETIVO** : RECOPIRAR INFORMACIÓN SOBRE LA PRODUCCIÓN DEL PILADO DE ARROZ Y EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS MOLINOS DE ARROZ DE LA PROVINCIA DE JAÉN

**Fecha de la entrevista** : 13 / 04 / 2019

**Hora de la entrevista** : 4:10 Pm.

**Nombre del entrevistador** : Est. Edwin J. Alcántara Gómez

**I. DATOS DE LA EMPRESA**

Nombre de la empresa : Piladora el Sol.  
Tarifa : MT2 MT  
Código de suministro : 31 015 232  
RUC : 20602050859  
Tel. : 076 28 2752  
Dirección : Av. Puzamayos Km. 21 - Sec. Linderos  
Distrito : Jaén  
Provincia : Jaén  
Región : Cajamarca  
Tiempo de Servicio de la empresa : 10 años

**II. DATOS DEL ENTREVISTADO**

- Nombre : Javier Campos Silva  
- DNI : 2772 5835  
- Cargo : Administrador  
- Edad : 51 años

**III. DESARROLLO DE LA ENTREVISTA**

**3.1 ¿Cuáles son las principales actividades de la empresa Agroindustrial?**

Rpta:

Servicio de pilado de arroz en Cáscara y  
venta de arroz blanco y sub. productos

3.2 ¿Cuántas horas diarias funciona la empresa?

Rpta: Aproximadamente 10 horas al día

3.3 ¿Cuántos días al mes funciona la empresa?

Rpta: La empresa funciona 26 días al mes

3.4 ¿Cuál es la capacidad de pilado de arroz por día?

Rpta: De 300 a 600 Sacos/día, los datos varían de acuerdo al ingreso de arroz en cáscara

3.5 ¿Cuál es la capacidad de pilado de arroz por mes?

Rpta: Los datos varían entre 900 a 14 400 Sacos x mes, todo depende de la producción.  
Obs: Cada Saco que contiene arroz en cáscara tiene un peso aproximado de 100 kg.

3.6 ¿Cuánto paga Ud. Mensual por el consumo de energía eléctrica?

Rpta: Los datos varían de acuerdo a la producción del pilado de arroz entre 8.000 - 13.000 Soles.

3.7 ¿Cuánto es su consumo mensual de energía eléctrica?

Rpta: Un promedio de 27 000 kWh, este consumo siempre es variable de acuerdo a la producción

3.8 ¿El suministro de la energía eléctrica de parte de la concesionaria satisface la demanda de la empresa?

Rpta: Si, Satisface totalmente

3.9 ¿Cree Ud. que las actividades del molino contaminan al Medio Ambiente?

Rpta: Si, en el momento del baspeda de arroz en cascara para ser pulido y el arranque y también en el ruido de los motores al trabajar.

3.10 ¿Qué final tiene la cascarilla de arroz producida por la empresa?

Rpta: Se vende a la Industria Lodigilera

3.11 ¿Cree Ud. Que se puede aprovechar de manera energética la cascarilla de arroz producida por su empresa para satisfacer su propia demanda de energía eléctrica?

Rpta: No, desconoce.

3.12 ¿Se han hecho estudios previos de factibilidad sobre el uso energético de la cascarilla de arroz en esta empresa?

Rpta: No, ninguno.

3.12 ¿Cree Ud. que sería rentable invertir en una planta de generación de energía termoeléctrica?

Rpta: Si, todo depende si el proyecto es viable.

3.13 ¿Estaría usted dispuesto a invertir en una instalación de planta de generación de energía termoeléctrica a partir de la cascarilla de arroz, para satisfacer su propia demanda de consumo de energía eléctrica?

Rpta: Si, si el proyecto es 100% viable se podría invertir en la Central termo eléctrica propuesta por el Estudiante.

Entrevistador

  
Est. Edwin J. Alcántara Gómez  
DNI: 46820422

Entrevistado

  
PIELDORA "EL SOL" S.A.C.  
Isaac Campos Silva  
GERENTE GENERAL  
Isaac Campos Silva.  
Administrador

## ANEXO 23: ENTREVISTA “MOLINERÍA LOS COCOS S.A.C”

### FICHA GUÍA DE ENTREVISTA

**OBJETIVO** : RECOPIRAR INFORMACIÓN SOBRE LA PRODUCCIÓN DEL PILADO DE ARROZ Y EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS MOLINOS DE ARROZ DE LA PROVINCIA DE JAÉN

**Fecha de la entrevista** : 13/04/2019

**Hora de la entrevista** : 11:15 am.

**Nombre del entrevistador** : Est. Edwin J. Alcántara Gómez

**I. DATOS DE LA EMPRESA**

Nombre de la empresa : Molinería los Cocos S.A.C

Tarifa : MTZ - MT

Código de suministro : 35814513

RUC : 20600932749

Tel. : 076 90 0084

Dirección : Av. Pakamuros Km.21 - Sector Linderos

Distrito : Jaén

Provincia : Jaén

Región : Cajamarca

Tiempo de Servicio de la empresa : 9 años

**II. DATOS DEL ENTREVISTADO**

- Nombre : Susan Joana Díaz González

- DNI : 46143834

- Cargo : Asistente Administrativo

- Edad : 29 años.

**III. DESARROLLO DE LA ENTREVISTA**

**3.1 ¿Cuáles son las principales actividades de la empresa Agroindustrial?**

Rpta: Servicio del pilado de arroz en Cascaza y venta de arroz blanco y sub productos.

3.2 ¿Cuántas horas diarias funciona la empresa?

Rpta: Un promedio de 10 horas diarias.

3.3 ¿Cuántos días al mes funciona la empresa?

Rpta: 26 días al mes.

3.4 ¿Cuál es la capacidad de pilado de arroz por día?

Rpta: La capacidad de pilado de arroz de la empresa es de 380 a 460 sacos de arroz en cáscara.

3.5 ¿Cuál es la capacidad de pilado de arroz por mes?

Rpta: Entre un promedio de 9 932 a 11 960 sacos de arroz en cáscara.

3.6 ¿Cuánto paga Ud. Mensual por el consumo de energía eléctrica?

Rpta: El pago mensual es de 10 000 a 19 000 Soles, esto siempre varía de manera progresiva.

3.7 ¿Cuánto es su consumo mensual de energía eléctrica?

Rpta: Entre 27 000 a 55 000 kW-h.

3.8 ¿El suministro de la energía eléctrica de parte de la concesionaria satisface la demanda de la empresa?

Rpta: Si, Satisface. La disconformidad es que el pago es muy alto, aumenta de manera exagerada el pago mensual.

3.9 ¿Cree Ud. que las actividades del molino contaminan al Medio Ambiente?

Rpta: Si, Cuando funcionan las máquinas en el pilado de arroz genera bastante polvo contaminando el aire y también la contaminación Acústica por el ruido que hacen los motores.

3.10 ¿Qué final tiene la cascarilla de arroz producida por la empresa?

Rpta: Se vende a la empresa ladrillera y en algunas ocasiones se arroja a la basura.

3.11 ¿Cree Ud. Que se puede aprovechar de manera energética la cascarilla de arroz producida por su empresa para satisfacer su propia demanda de energía eléctrica?

Rpta: Desconoce del tema

3.12 ¿Se han hecho estudios previos de factibilidad sobre el uso energético de la cascarilla de arroz en esta empresa?

Rpta: No, Ninguna.

3.12 ¿Cree Ud. que sería rentable invertir en una planta de generación de energía termoeléctrica?

Rpta: Desde un principio si, pero gradualmente podría ser negativo invertir por el aumento de la población.

3.13 ¿Estaría usted dispuesto a invertir en una instalación de planta de generación de energía termoeléctrica a partir de la cascarilla de arroz, para satisfacer su propia demanda de consumo de energía eléctrica?

Rpta: Por el momento no, por la rentabilidad hay mucha oferta que demanda.

Entrevistador

Entrevistado

Est. Edwin J. Alcántara Gómez

DNI: 46820422

MOLINERÍA LOS COCOS S.A.C.  
  
WILMER PEREZ PEREZ  
GERENTE GENERAL

Susana Joana Díaz González  
DNI: 46143834.

ANEXO N°24: ENTREVISTA “MOLINERÍA EL AGRICULTOR S.AC”

FICHA GUÍA DE ENTREVISTA

**OBJETIVO** : RECOPIRAR INFORMACIÓN SOBRE LA PRODUCCIÓN DEL PILADO DE ARROZ Y EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS MOLINOS DE ARROZ DE LA PROVINCIA DE JAÉN

**Fecha de la entrevista** : 15-04-2019  
**Hora de la entrevista** : 11:40 AM.  
**Nombre del entrevistador** : Est. Edwin J. Alcántara Gómez

**I. DATOS DE LA EMPRESA**

Nombre de la empresa : Molinería el Agricultor SAC  
Tarifa : MTZ MT  
Código de suministro : 30 96 71 17  
RUC : 20 48 75 01 256  
Tel. : 998 429 250  
Dirección : Av. Yaxamuros s/n - Pueblo Libre  
Distrito : Jaén  
Provincia : Jaén  
Región : Cajamarca  
Tiempo de Servicio de la empresa : 8 años

**II. DATOS DEL ENTREVISTADO**

- Nombre : Ruth Marlene Carrion Lozada  
- DNI : 27 67 50 66  
- Cargo : Gerente  
- Edad : 57 años

**III. DESARROLLO DE LA ENTREVISTA**

**3.1 ¿Cuáles son las principales actividades de la empresa Agroindustrial?**

Rpta: Pilado de arroz en Cascara y  
Venta de arroz en blanco y sub productos

3.2 ¿Cuántas horas diarias funciona la empresa?

Rpta: Un promedio de 10 horas al día.

3.3 ¿Cuántos días al mes funciona la empresa?

Rpta: La empresa funciona 24 días al mes.

3.4 ¿Cuál es la capacidad de pilado de arroz por día?

Rpta: Un promedio de 320 a 450 Sacos/día.

3.5 ¿Cuál es la capacidad de pilado de arroz por mes?

Rpta: de 7680 sacos a 10.800 Sacos, estas cantidades siempre varían.

3.6 ¿Cuánto paga Ud. Mensual por el consumo de energía eléctrica?

Rpta: Siempre varía entre 9.000 a 15.000 Soles.

3.7 ¿Cuánto es su consumo mensual de energía eléctrica?

Rpta: Entre 35.000 a 50.000 kWh, Son datos que siempre varían de acuerdo a la cantidad de pilado de arroz.

3.8 ¿El suministro de la energía eléctrica de parte de la concesionaria satisface la demanda de la empresa?

Rpta: Si, pero estoy un total descontento por el exceso de consumo de energía, el pago siempre varía de manera significativa.

3.9 ¿Cree Ud. que las actividades del molino contaminan al Medio Ambiente?

Rpta: Si, pero de manera mínima porque el molino cuenta con subconectores de polvo y en la contaminación Acústica la contaminación es mínima ya que es un ambiente cerrado.

3.10 ¿Qué final tiene la cascarilla de arroz producida por la empresa?

Rpta: Se vende a los Industrias textiles.

3.11 ¿Cree Ud. Que se puede aprovechar de manera energética la cascarilla de arroz producida por su empresa para satisfacer su propia demanda de energía eléctrica?

Rpta: Si, pero actualmente no se realizan estudios para ya existe una iniciativa de promover este tipo de proyectos por parte del Ministerio de Agricultura y el Ministerio de Energía y Minas.

3.12 ¿Se han hecho estudios previos de factibilidad sobre el uso energético de la cascarilla de arroz en esta empresa?

Rpta: No, ninguno.

3.12 ¿Cree Ud. que sería rentable invertir en una planta de generación de energía termoeléctrica?

Rpta: Si, Siempre y cuando estén dentro de las posibilidades

3.13 ¿Estaría usted dispuesto a invertir en una instalación de planta de generación de energía termoeléctrica a partir de la cascarilla de arroz, para satisfacer su propia demanda de consumo de energía eléctrica?

Rpta: Si, Si es que hubieran los medios necesarios y comprobando que el proyecto es viable.

Entrevistador



Est. Edwin J. Alcántara Gómez

DNI: 46820422

Entrevistado



INCORPORACIÓN AGRICOLA S.A.S.  
Calle Real No. 1000, Urb. El Valle  
GENERAL

DNI: 27675066

ANEXO 25: ENTREVISTA “MOLINOS DEL NORTE NUEVA VILLA”

FICHA GUÍA DE ENTREVISTA

**OBJETIVO** : RECOPIRAR INFORMACIÓN SOBRE LA PRODUCCIÓN DEL PILADO DE ARROZ Y EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS MOLINOS DE ARROZ DE LA PROVINCIA DE JAÉN

**Fecha de la entrevista** : 15/04/2019  
**Hora de la entrevista** : 9:00 Am.  
**Nombre del entrevistador** : Est. Edwin J. Alcántara Gómez.

**I. DATOS DE LA EMPRESA**

Nombre de la empresa : Molinos del Norte - Nueva Villa  
Tarifa : MT2 - MT  
Código de suministro : 31071410  
RUC : 20603898347  
Tel. : 939334806  
Dirección : Calle Progreso SIN - Sector Flor de Café  
Distrito : Jaén  
Provincia : Jaén  
Región : Cajamarca.  
Tiempo de Servicio de la empresa : 10 años

**II. DATOS DEL ENTREVISTADO**

- Nombre : Marly Siguenas Delgado  
- DNI : 76027408  
- Cargo : Secretaria  
- Edad : 20 años

**III. DESARROLLO DE LA ENTREVISTA**

**3.1 ¿Cuáles son las principales actividades de la empresa Agroindustrial?**

Rpta: Pilado de arroz en cascara y venta de arroz en blanco y sus productos.

3.2 ¿Cuántas horas diarias funciona la empresa?

Rpta: Un promedio de 10 horas diarias

3.3 ¿Cuántos días al mes funciona la empresa?

Rpta: La empresa funciona 26 días al mes

3.4 ¿Cuál es la capacidad de pilado de arroz por día?

Rpta: un promedio de 600 a 800 Sacos diarios de arroz en Cascara

3.5 ¿Cuál es la capacidad de pilado de arroz por mes?

Rpta: Entre 15600 a 20800 Sacos, esto Varía Siempre puede ser mucho mayor o menor, todo depende en la producción de la zona y alrededores

3.6 ¿Cuánto paga Ud. Mensual por el consumo de energía eléctrica?

Rpta: La cantidad Varía de acuerdo al Pilado de arroz en Cascara entre 20000 a 28000 Solos aproximadamente

3.7 ¿Cuánto es su consumo mensual de energía eléctrica?

Rpta: un promedio de 75000 a 98000 KW-h, esto Siempre Varía de acuerdo a la producción

3.8 ¿El suministro de la energía eléctrica de parte de la concesionaria satisface la demanda de la empresa?

Rpta: Si, pero hay un problema por el cobro que se sucede cada mes.

3.9 ¿Cree Ud. que las actividades del molino contaminan al Medio Ambiente?

Rpta: Si, pero la contaminación es mínima y que se encuentra separado de la ciudad sin afectar a la población con la contaminación Acústica.

3.10 ¿Qué final tiene la cascarilla de arroz producida por la empresa?

Rpta: Se vende a la Industria local y en algunos ocasiones se arroja a la basura.

3.11 ¿Cree Ud. Que se puede aprovechar de manera energética la cascarilla de arroz producida por su empresa para satisfacer su propia demanda de energía eléctrica?

Rpta: No, desconoce.

3.12 ¿Se han hecho estudios previos de factibilidad sobre el uso energético de la cascarilla de arroz en esta empresa?

Rpta: No, ninguno.

3.12 ¿Cree Ud. que sería rentable invertir en una planta de generación de energía termoeléctrica?

Rpta: Si por el alto precio que se paga / al electro costoso, al no contar con el pilado de arroz.

3.13 ¿Estaría usted dispuesto a invertir en una instalación de planta de generación de energía termoeléctrica a partir de la cascarilla de arroz, para satisfacer su propia demanda de consumo de energía eléctrica?

Rpta: Si, Siempre y cuando el proyecto sea viable.

Entrevistador

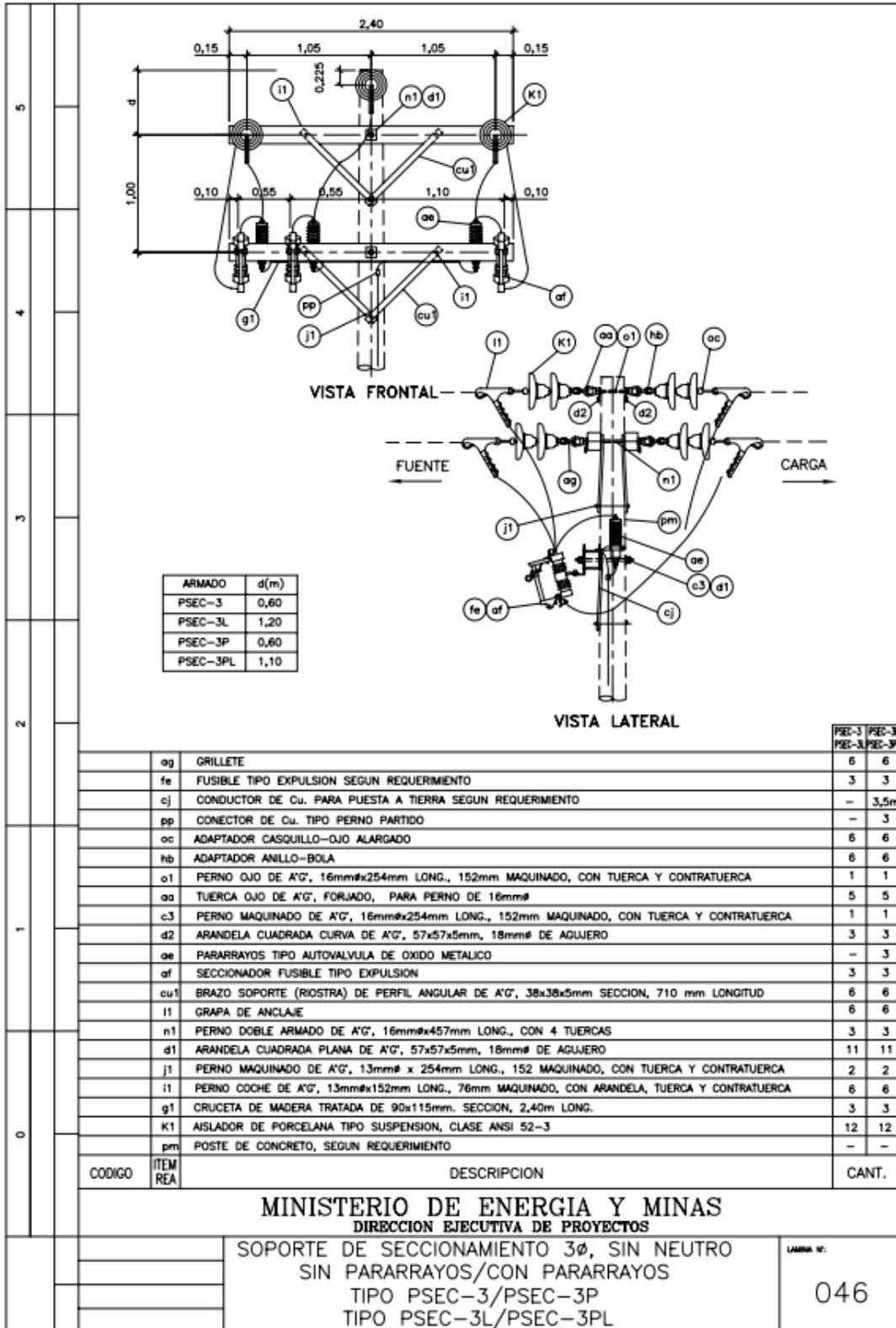
Entrevistado

Est. Edwin J. Alcántara Gómez

DNI: 46820422

María Villanueva Vázquez  
TITULAR GERENTE  
Delegado

ANEXO 26: ARMADO DE ESTRUCTURA PSEC-3



Fuente: Ministerio de Energía y minas

ANEXO 27: ARMADO DE ESTRUCTURA PA1-3

ARMADO	d(m)	e
PA1-3N	0,45	0,60
PA1-3NL	1,00	1,00
PA1-3	0,45	-
PA1-3L	1,00	-

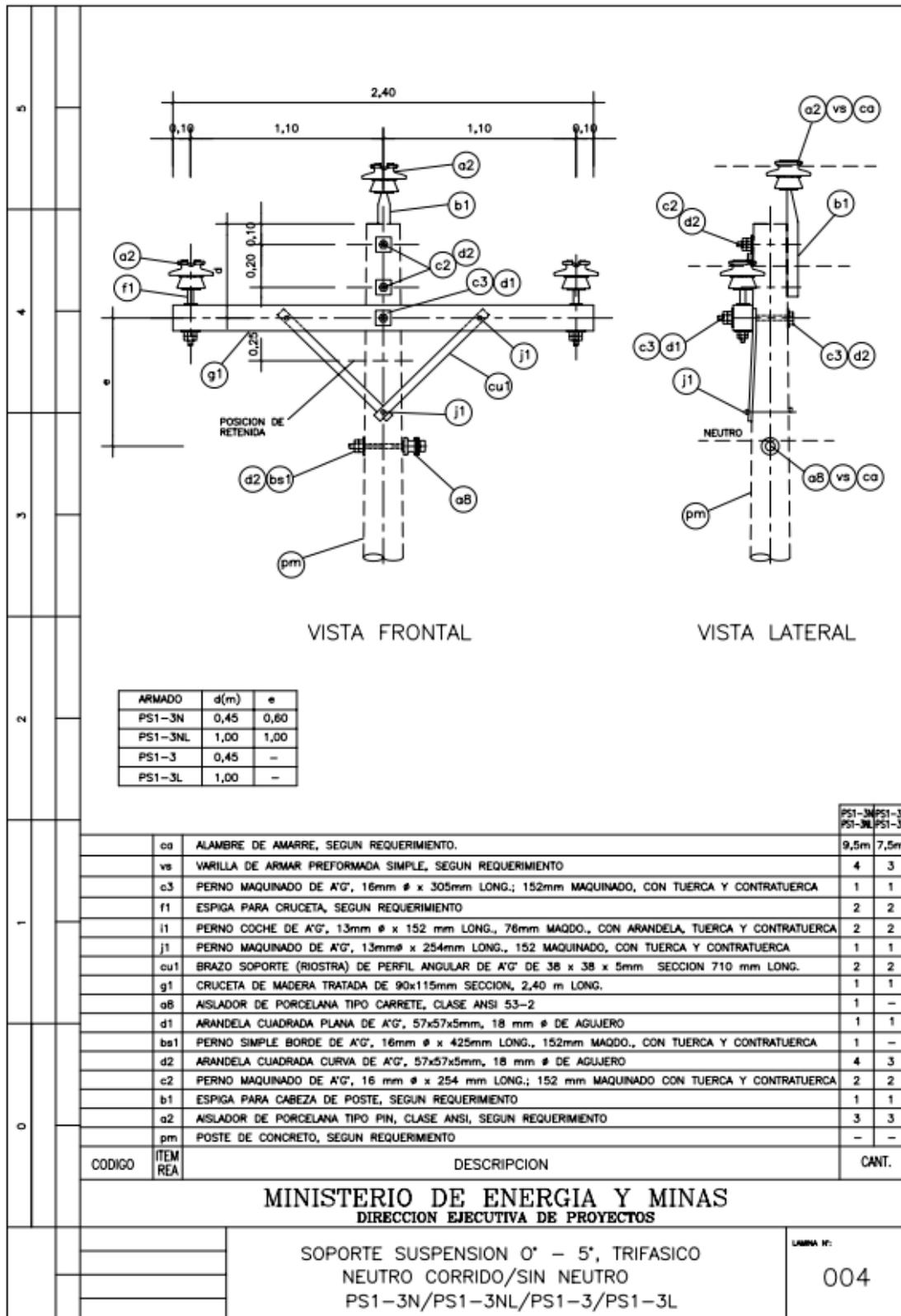
CODIGO	ITEM REA	DESCRIPCION	PA1-3N	PA1-3NL	PA1-3	PA1-3L
	ca	ALAMBRE DE AMARRE, SEGUN REQUERIMIENTO	17,5	15,0		
	vd	VARILLA DE ARMAR PREFORMADA DOBLE SEGUN REQUERIMIENTO	3	3		
	vs	VARILLA DE ARMAR PREFORMADA SIMPLE SEGUN REQUERIMIENTO	1	-		
	dl	TUBO ESPACIADOR DE A'G', 19mmx38mm LONGITUD	2	2		
	c5	PERNO MAQUINADO DE A'G', 16mmx456mm LONG., 152mm MAQUINADO, CON TUERCA Y CONTRATUERCA	2	2		
	cs1	SOPORTE SEPARADOR DE VERTICE DE POSTE DE A'G', 110mm SEPARACION, PLATINA 76x6,4mm SECC.	2	2		
	b1	ESPIGA PARA CABEZA DE POSTE, SEGUN REQUERIMIENTO	2	2		
	f1	ESPIGA PARA CRUCETA, SEGUN REQUERIMIENTO	4	4		
	cu1	BRAZO SOPORTE (RIOSTRA) DE PERFIL ANGULAR DE A'G', 38 x 38 x 5mm SECCION, 710 mm LONGITUD	4	4		
	d1	ARANDELA CUADRADA PLANA DE A'G', 57x57x5mm, 18mm# DE AGUJERO	12	12		
	n1	PERNO DOBLE ARMADO DE A'G', 16mmx457mm LONG., CON 4 TUERCAS	3	3		
	c2	PERNO MAQUINADO DE A'G', 16mmx254mm LONG., 152 mm MAQUINADO, CON TUERCA Y CONTRATUERCA	2	1		
	da	PORTALINEA UNIPOLAR DE A'G', 149 x 85mm, PLATINA 38 x 5mm SECCION, PIN 16mm#	1	-		
	a8	AISLADOR DE PORCELANA TIPO CARRETE, CLASE ANSI 53-2	1	-		
	a2	AISLADOR DE PORCELANA TIPO PIN, CLASE ANSI, SEGUN REQUERIMIENTO	6	6		
	j1	PERNO MAQUINADO DE A'G', 13mm# x 254mm LONG., 152 MAQUINADO, CON TUERCA Y CONTRATUERCA	1	1		
	i1	PERNO COCHE DE A'G', 13mm#x152mm LONG., 76mm MAQUINADO, CON ARANDELA, TUERCA Y CONTRATUERCA	4	4		
	d2	ARANDELA CUADRADA CURVA DE A'G', 57x57x5 mm, 18 mm # DE AGUJERO	3	2		
	g1	CRUCETA DE MADERA TRATADA DE 90x115mm SECCION, 2,40 m LONG.	2	2		
	pm	POSTE DE CONCRETO, SEGUN REQUERIMIENTO	-	-		

**MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS**  
DIRECCION EJECUTIVA DE PROYECTOS

SOPORTE DE ANGULO 5° - 30°, TRIFASICO NEUTRO CORRIDO/SIN NEUTRO PA1-3N/PA1-3NL/PA1-3/PA1-3L	008
---	-----

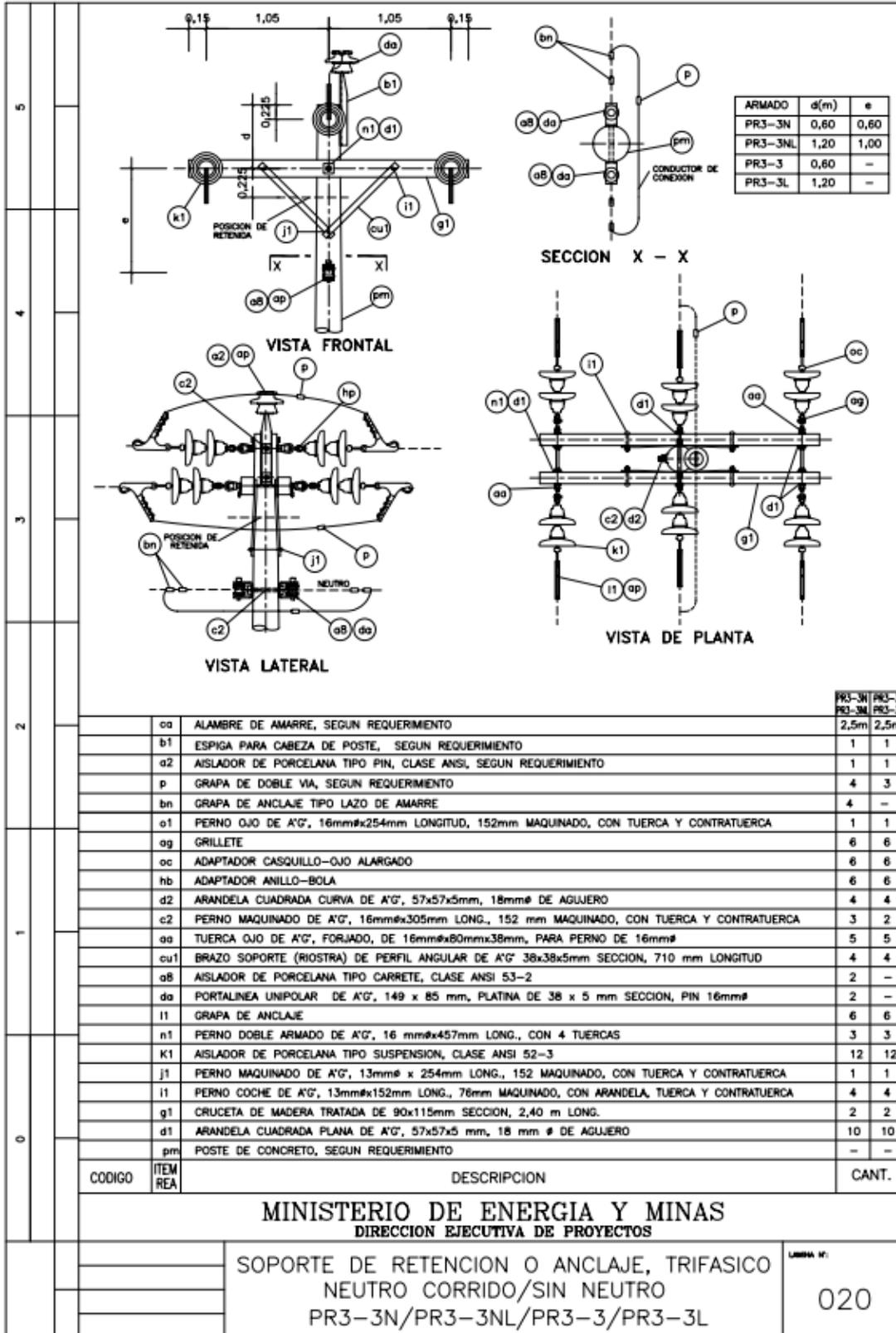
Fuente: Ministerio de Energía y minas

ANEXO N°28: ARMADO DE ESTRUCTURA PS1-3



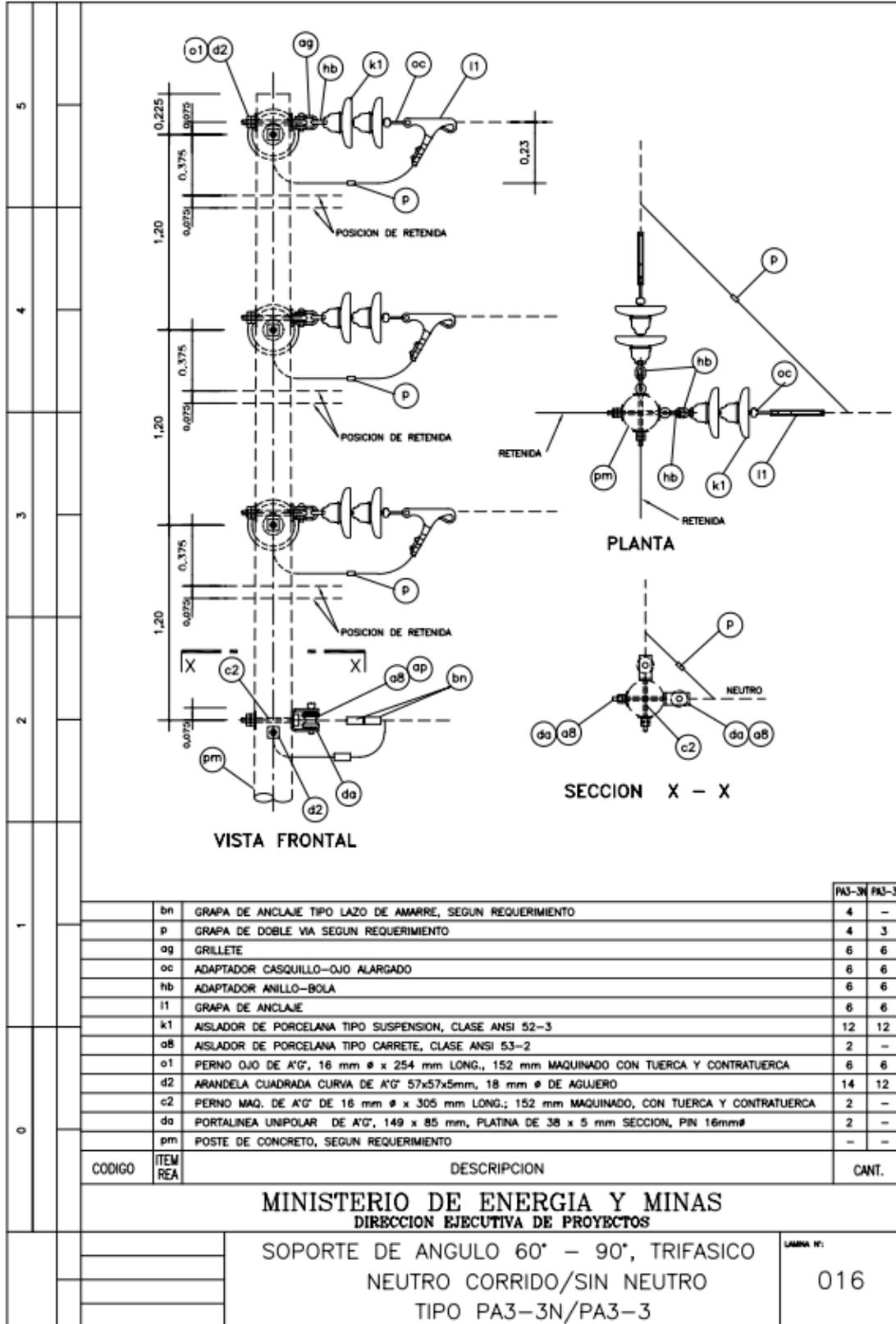
Fuente: Ministerio de Energía y minas

ANEXO N°29 ARMADO DE ESTRUCTURA PR3-3



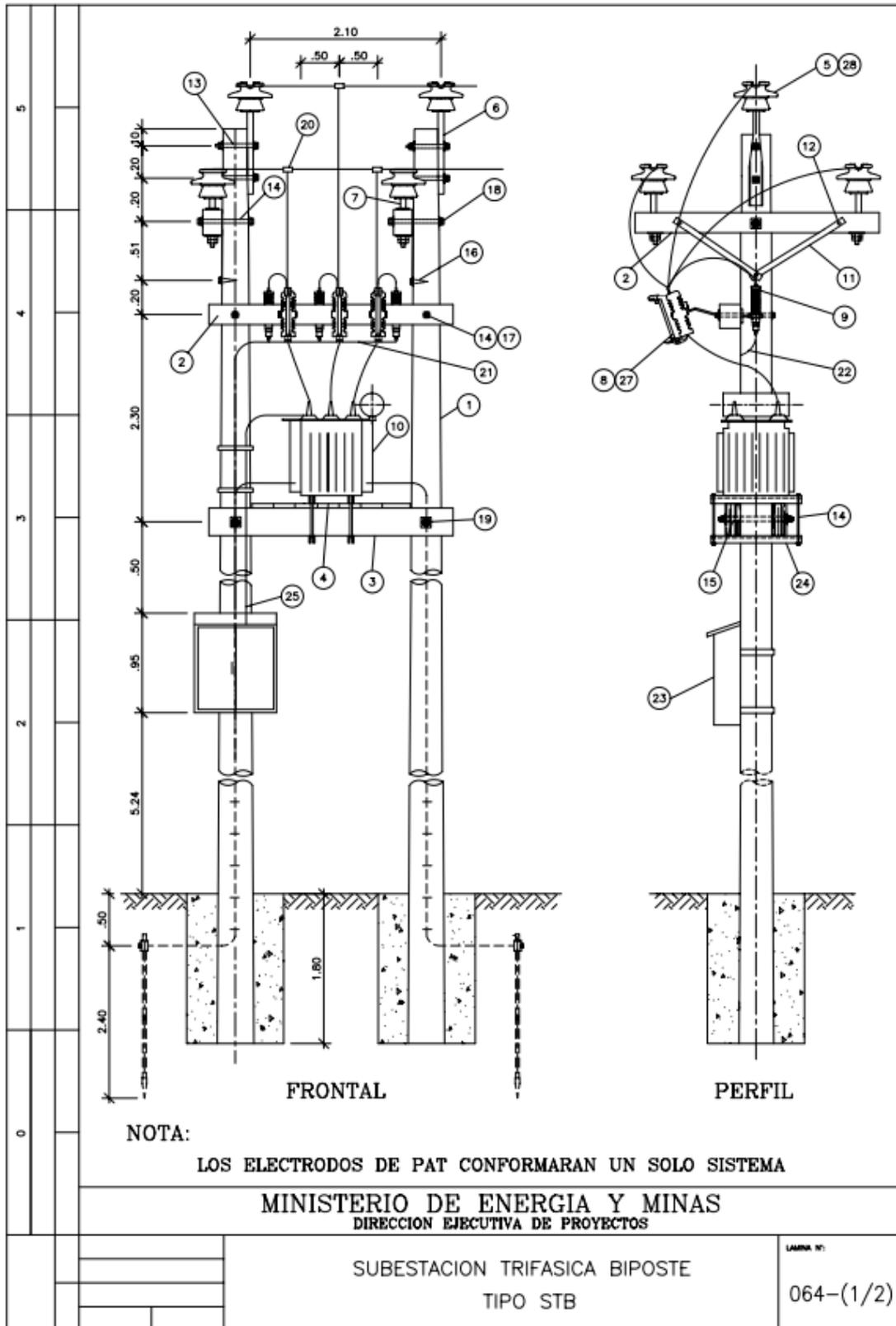
Fuente: Ministerio de Energía y minas

ANEXO N°30: ARMADO DE ESTRUCTURA PA3-3



Fuente: Ministerio de Energía y minas

ANEXO N°31: ARMADO DE ESTRUCTURA STB



Fuente: Ministerio de Energía y minas