

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

**Facultad de Ingeniería**

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

**PROPUESTA PARA MEJORAR EL PROCESO DE  
CENTRIFUGADO EN LA FABRICACIÓN DE  
POSTES UTILIZANDO UN MOTOR DE  
ROTACIÓN ELÉCTRICO PARA LA  
EMPRESA PRETAC SAC, 2021**

**TESIS**

Presentada por:

**Bach. Christian Hilario López Gil**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO MECÁNICO**

TACNA – PERÚ

2022

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

**Facultad de Ingeniería**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

**“PROPUESTA PARA MEJORAR EL PROCESO DE  
CENTRIFUGADO EN LA FABRICACIÓN DE  
POSTES UTILIZANDO UN MOTOR DE  
ROTACIÓN ELÉCTRICO PARA LA  
EMPRESA PRETAC SAC, 2021”**

Trabajo de tesis sustentado por el bachiller CHRISTIAN HILARIO LÓPEZ GIL aprobado el 17 de octubre del 2022, el jurado calificador estuvo integrado por:

PRESIDENTE:

  
Dr. Jesús Placido Medina Salas

SECRETARIO:

  
Dr. Williams Sergio Almanza Quispe

VOCAL:

  
Mtro. Reynaldo Clemente Telles Ríos

ASESOR:

  
Dr. Francisco Gamarra Gómez

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación a todas las personas que formaron parte de mi vida y me ayudaron a concluir mi etapa de formación universitaria, a pesar de las dificultades, siempre estuvieron apoyando de una forma u otra.

Gracias a mi familia, compañeros y amigos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann por darme el conocimiento que necesito para ser un profesional y desempeñarme en el campo laboral, ser un buen ciudadano y aportar al desarrollo de mi región.

## ÍNDICE

Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice de contenido.....	v
Índice de tablas.....	ix
Índice de figuras.....	x
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
Introducción.....	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Descripción del problema.....	3
1.2. Formulación del problema.....	5
1.2.1. Problema general.....	5
1.2.2. Problemas específicos.....	6
1.3. Justificación.....	6
1.4. Alcances y limitaciones.....	9
1.5. Objetivos.....	9
1.5.1. Objetivo general.....	9
1.5.2. Objetivos específicos.....	9
1.6. Hipótesis.....	10
1.6.1. Hipótesis general.....	10

1.6.2. Hipótesis específicas .....	10
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	11
2.1. Antecedentes del estudio.....	11
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	11
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	15
2.1.3. Antecedentes regionales.....	19
2.2. Bases teóricas .....	22
2.2.1. Producción .....	22
2.2.2. Procesos de producción.....	23
2.2.3. Motores de combustión.....	26
2.2.4. Motores eléctricos.....	27
2.2.5. Fabricación de postes .....	28
2.2.6. Criterios de evaluación para propuesta de sistema de producción	31
2.2.7. Mantenimiento .....	33
2.2.8. Criterios de calidad del cemento para la fabricación de postes .....	35
2.3. Definición de términos .....	36
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO .....	38
3.1. Tipo y diseño de la investigación .....	38
3.1.1 Tipo de Investigación .....	38
3.1.2. Diseño de la investigación .....	38
3.2. Población y muestra .....	39

3.3. Operacionalización de variables .....	39
3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos .....	40
3.5. Procesamiento y análisis de datos.....	40
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>42</b>
4.1. Introducción .....	42
4.2. Antecedentes.....	42
4.2.1. Características del proceso .....	42
4.2.2. Características del motor usado .....	44
4.2.3. Diagnóstico .....	46
4.3. Características de la propuesta .....	47
4.3.1. Objetivos y consideraciones del proceso de centrifugado .....	47
4.3.2. Descripción general .....	48
4.3.3. Eficiencia en motores eléctricos .....	54
4.3.4. Tablero automatizado .....	56
4.3.5. Componentes externos del motor .....	61
4.3.6. Protección y cuidado del motor.....	61
4.4. Mantenimiento .....	61
4.4.1. Consideraciones generales .....	61
4.4.2. Consideraciones específicas .....	62
4.4.3. Periodo de mantenimiento .....	62
4.4.4. Mantenimiento preventivo .....	63

4.5.	Factor de seguridad.....	65
4.6.	Torque .....	65
4.7.	Consumo de energía eléctrica .....	66
4.8.	Reducción de costos en el proceso de centrifugado .....	67
4.8.1.	Beneficios directos.....	67
4.8.2.	Beneficios indirectos.....	71
4.9.	Evaluación económica de la propuesta .....	73
4.9.1.	Costos.....	73
4.9.2.	Indicadores de evaluación económica.....	74
4.10.	Reducción de tiempos en el proceso de centrifugado .....	76
4.11.	Comprobación de hipótesis .....	78
4.11.1.	Contraste de las hipótesis específicas .....	78
4.11.2.	Contraste de la hipótesis general .....	85
	CAPÍTULO V ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	86
	CONCLUSIONES .....	90
	RECOMENDACIONES.....	93
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
	ANEXOS.....	100

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro de variable dependiente e independiente.....	39
Tabla 2 Características del motor anterior .....	46
Tabla 3 Comparación entre los cuatro modelos.....	48
Tabla 4 Características de las condiciones de operación .....	51
Tabla 5 Coeficientes de corrección A .....	52
Tabla 6 Coeficientes de corrección A .....	53
Tabla 7 Datos técnicos del motor eléctrico .....	53
Tabla 8 Límite inferior nominal para eficiencia alta (IE2) (%) de 60Hz ....	55
Tabla 9 Consumo de energía eléctrica del motor de centrifugación .....	66
Tabla 10 Comparación de costos .....	68
Tabla 11 Costos del motor de centrifugado .....	73
Tabla 12 Flujo de caja.....	74
Tabla 13 Indicadores de evaluación financiera.....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Flujograma del proceso de elaboración de postes .....	43
Figura 2 Circuito de fuerza arranque Estrella - Triángulo .....	57
Figura 3 Circuito de mando arranque estrella – triángulo .....	58
Figura 4 Plano completo de la centrifugadora .....	59
Figura 5 Cubo estriado .....	60
Figura 6 Caja reductora .....	60
Figura 7. Construcción de armadura de acero de los postes.....	102
Figura 8. Traslado de los moldes y lubricación.....	103
Figura 9. Instalación de la armadura de los postes en el molde. ....	104
Figura 10. Traslado de las tapas de los moldes.....	104
Figura 11. Soporte de los moldes. ....	105
Figura 12. Traslado del poste. ....	105
Figura 13. Resanado y fraguado de los postes. ....	106
Figura 14. Secado de los Postes – 1. ....	106
Figura 15. Secado de los Postes - 2.....	107
Figura 16. Postes culminados y listos para entregar. ....	107

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue proponer el mejoramiento del proceso de centrifugado en la fabricación de postes utilizando un motor de rotación eléctrico para la empresa PRETAC SAC, 2021. Los componentes metodológicos utilizados, fueron de un tipo de investigación aplicada, el diseño fue no experimental y no hubo alguna modificación en las variables estudiadas, la población estuvo compuesta por los motores de rotación para el proceso de centrifugado de postes, como instrumento se utilizó una guía de observación donde se apuntaron los tiempos de proceso y un pequeño cuestionario para recoger la información de los colaboradores de la empresa. La principal conclusión es que, a través de la propuesta, luego de las evaluaciones respectivas se logró establecer que, si es posible el mejoramiento del proceso de centrifugado en la fabricación de postes, reemplazando un motor de combustión interna por un motor de rotación eléctrico para la empresa PRETAC SAC, 2021. Se llegó a esta conclusión porque principalmente se reducen los costos en energía en S/ 1,9539 soles por cada poste y se reducen los tiempos de centrifugado en 1,5 minutos.

**Palabras clave:** Centrifugado, motor eléctrico, postes.

## **ABSTRACT**

The objective of the research was to propose the improvement of the centrifugation process in the manufacture of poles using an electric rotation motor for the company PRETAC SAC, 2021. The methodological components used were of a type of applied research, the design was non-experimental and there was no modification in the variables studied, the population was made up of the rotation motors for the pole spinning process, an observation guide was used as an instrument where the process times and a small questionnaire were noted to collect the information of the company's collaborators. The main conclusion is that through the proposal, after the respective evaluations, it was possible to establish that if it is possible to improve the centrifugation process in the manufacture of poles, replacing an internal combustion engine with an electric rotation motor for the company. PRETAC SAC, 2021. This conclusion was reached mainly because energy costs are reduced by S / 1.9539 soles for each pole and spin times are reduced by 1.5 minutes.

**Keywords:** Spin, electric motor, poles.

## INTRODUCCIÓN

El sector industrial de la región de Tacna se encuentra aún en crecimiento, no es el sector donde más se desarrolla económicamente la ciudad. Existen diferentes empresas que elaboran productos en base al concreto armado, como las que producen postes que llevan varios años atendiendo las necesidades de la localidad; sin embargo, no han logrado estandarizar sus procesos a los niveles requeridos bajo algún estándar internacional, porque parte de sus procesos son desarrollados de manera empírica y con poca eficiencia; a la vez, los profesionales ligados a estas áreas como los ingenieros mecánicos prefieren laborar fuera de Tacna y obtener mayor ingresos.

Por otra parte, estas empresas tacneñas muchas veces son lideradas por emprendedores con un bajo nivel de preparación técnica y están respaldados por su experiencia para la toma de decisiones; es por ello que, todavía prefieren realizar mejoras según sus criterios, evitando consultar con especialistas que les permitan llegar a obtener resultados más eficientes. Es en ese sentido, que a través de esta investigación se busca realizar un aporte a la empresa donde se laboró, con la finalidad que puedan mejorar en sus procesos, reduciendo sus costos y tiempos, y beneficiando a sus clientes con productos de mayor calidad técnica.

Es así, que se desarrolla la investigación, compuesta por cinco capítulos, descritos de la siguiente manera:

En el capítulo I, se identifica el problema, se le describe y enuncia; se establecen los objetivos e hipótesis, a la vez se brinda una justificación e importancia del tema.

En el capítulo II, se describe el marco teórico, el cual contiene los antecedentes del estudio, las bases teóricas y la definición de términos, que en su conjunto facilitarán el entendimiento de la investigación.

En el capítulo III, se contemplan los aspectos metodológicos, como el tipo y diseño de la investigación, se halla la muestra, se describen los instrumentos utilizados, así como el procesamiento.

En el capítulo IV, se realiza una descripción de los resultados obtenidos; se describen los antecedentes, se brinda la propuesta, se establecen los criterios mecánicos y se realiza una evaluación económica de la propuesta; finalmente se contrastan las hipótesis planteadas.

En el capítulo V, se realiza un análisis de los resultados obtenidos, acompañado de una crítica constructiva tanto de la propuesta como de la investigación. Al finalizar se describen las conclusiones y recomendaciones, se muestran las referencias bibliográficas y anexos.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

A nivel nacional e internacional existe la particularidad de la contaminación ambiental por el sector privado, impactando la calidad de los recursos naturales; una de las principales causas de la contaminación es la combustión incompleta ocurrida, por el uso de motores de combustión. Así mismo, en la región de Tacna, existen empresas dedicadas al rubro de construcción, las cuales elaboran premoldeados de hormigón armado, siendo uno de los productos más costosos, los postes de alumbrado público.

Se ha observado que la empresa más grande del rubro, realiza la fabricación de postes de manera deficiente, porque el proceso de centrifugado es realizado por un motor de combustión, que anteriormente pertenecía a una camioneta. Dentro de este proceso productivo, se ha observado que inicialmente la fabricación de postes contaba con una estructura baja en cuanto a los costos. Sin embargo, a medida que la demanda por los postes ha

incrementado, el motor de rotación ha presentado fallas que paralizan la producción.

Estas fallas son traducidas en costos de reparación, costos hundidos por una mano de obra ociosa y pérdidas económicas al no cumplir con la entrega de los productos en el tiempo acordado con el cliente.

Así mismo, a nivel industrial las empresas que desean ser competitivas deben mejorar la calidad de sus procesos, con la finalidad de ser sostenibles en el tiempo y obtener mejores rendimientos; es sabido que, los costos de solucionar las fallas en los procesos son mayores a los costos de mantener la calidad de los procesos (Gutiérrez, 2010). Es por ello que, la necesidad de mejorar el proceso de centrifugado debe ser cubierta, a través de una propuesta pertinente, como la de implementar un motor eléctrico. Considerando que el motor genere la fuerza centrífuga necesaria para distribuir el concreto en la periferia interna del molde y esta distribución sea uniforme (De Jorge, 1931).

Esta propuesta, debe cumplir con las normas legales y técnicas; los cálculos adecuados para el diseño de las partes del motor de rotación, considerando los manuales y catálogos del motor propuesto; así como los implementos y accesorios. De no realizarse

la investigación para la propuesta, la empresa podría continuar con fallas en el proceso de centrifugado de postes.

Además, con los resultados de la investigación otras empresas podrán tomar la iniciativa de mejorar sus procesos para ser más competitivas, además el trabajo servirá como fuente de consulta para proyectos afines; tal como lo desarrolla Ríos (2019) en su investigación titulada “Evaluación técnico–económica para el mejoramiento del proceso de fabricación de postes de concreto armado centrifugado–media tensión de la Fábrica Tubos y Postes Chiclayo SRL”.

Por ello, se propone optimizar la realidad actual de la empresa por medio de la propuesta de mejorar el proceso de centrifugado en la fabricación de postes utilizando un motor de rotación eléctrico para la empresa PRETAC SAC, 2021.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema general**

¿La propuesta mejorará el proceso de centrifugado en la fabricación de postes utilizando un motor de rotación eléctrico para la empresa PRETAC SAC, 2021?

### **1.2.2. Problemas específicos**

¿La utilización de un motor de rotación eléctrico permitirá mejorar el proceso de centrifugado en la fabricación de postes, propuesto para la empresa PRETAC SAC, 2021?

¿El empleo de criterios mecánicos del motor de rotación permitirá mejorar el proceso de centrifugado en la fabricación de postes, propuesto para la empresa PRETAC SAC, 2021?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Esta investigación se justifica en la manifestación de conocimientos sobre el diseño de procesos de producción en base a la implementación de motores de inducción. El análisis del caso práctico referente a la situación actual de la empresa de fabricación de postes permitirá evaluar la capacidad de producción en la empresa PRETAC SAC. A partir de esta evaluación se podrán estudiar cada uno de los procesos implementados en la fabricación de postes, así como la eficiencia de cada uno.

La justificación práctica abarca el beneficio de la empresa, por implementar la propuesta, representa la optimización del proceso productivo. La implementación de esta propuesta

favorecería la producción eficaz pues no se desaprovecharían insumos y la línea de producción se optimizaría.

La utilización de motores de combustión, en comparación a los motores de inducción, es que este último no requiere de mayor asistencia de mantenimiento, por lo cual, su implementación demanda de menor personal para su manejo y manutención. Además, el avance tecnológico ha proporcionado una amplia oferta de motores eléctricos con lo cual su implementación representa una menor inversión financiera y de gran rentabilidad.

Referente a la justificación social, el uso de fuentes de energía derivadas del petróleo representa el consumo de recursos no renovables, los cuales, día a día son cada vez más escasos a la vez que representan un gran porcentaje de los agentes contaminantes usados en la producción masiva de productos.

La utilización de motores eléctricos representa una oportunidad de reducir el impacto ambiental en la fabricación de postes en cuanto representa el uso de energías renovables, como la utilización de paneles solares para la operación de los motores eléctricos.

La automatización de procesos a partir de la implementación de maquinaria, como el sistema de motor de rotación, representa

una experiencia favorable para el sector de producción y permite que diferentes empresas puedan inclinarse a mejorar sus procesos.

Estas experiencias e iniciativas contribuyen al avance tecnológico de la región y posicionan a las empresas en el espectro de nuevas oportunidades de clientela dentro del mercado nacional e internacional.

#### **1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES**

Las principales limitaciones de la investigación, se relacionan con el acceso a la información, porque como toda empresa, esta cuenta con información confidencial que no puede compartir. Otra limitación relevante, está relacionada con el financiamiento. Debido que no se cuenta con financiamiento externo, solo se desarrolló el prototipo del diseño de un motor de rotación.

#### **1.5. OBJETIVOS**

##### ***1.5.1. Objetivo general***

Proponer el mejoramiento del proceso de centrifugado en la fabricación de postes utilizando un motor de rotación eléctrico para la empresa PRETAC SAC, 2021.

##### ***1.5.2. Objetivos específicos***

Utilizar un motor de rotación eléctrico para mejorar el proceso de centrifugado en la fabricación de postes, propuesto para la empresa PRETAC SAC, 2021.

Emplear criterios mecánicos del motor de rotación para mejorar el proceso de centrifugado en la fabricación de postes, propuesto para la empresa PRETAC SAC, 2021.

## **1.6. HIPÓTESIS**

### **1.6.1. Hipótesis general**

Propuesta para mejorar el proceso de centrifugado en la fabricación de postes utilizando un motor de rotación eléctrico para la empresa PRETAC SAC, 2021.

### **1.6.2. Hipótesis específicas**

El uso de un motor de rotación eléctrico permite mejorar el proceso de centrifugado en la fabricación de postes, propuesto para la empresa PRETAC SAC, 2021.

Los criterios mecánicos del motor de rotación permiten mejorar el proceso de centrifugado en la fabricación de postes, propuesto para la empresa PRETAC SAC, 2021.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

##### ***2.1.1. Antecedentes internacionales***

Villablanca (2015) en su tesis titulada *Estudio de factibilidad para incrementar la capacidad instalada de una fábrica de postes de hormigón: aplicación al ELECDOR S.A. Planta de Quito*, planteó como objetivo evaluar desde las posiciones técnica y financiera la propuesta de incremento de la capacidad instalada de la fábrica de postes de hormigón, tomando como base un estudio de factibilidad fundamentado en la conveniencia y rentabilidad de la ejecución de la inversión requerida. No se precisaron detalles sobre la metodología de investigación utilizada. Como resultado del estudio se llegó a las siguientes conclusiones:

A partir del objetivo se establecieron dos propuestas, de las cuales se seleccionó la alternativa 2 como la mejor opción para incrementar la capacidad de la fábrica. La alternativa 2 establece la utilización de la concretera Piccini, la construcción de 10 bases de concreto para moldes, la adquisición de 10 moldes de 15 metros y una bomba hormiguera, y la contratación de 3 trabajadores, dichos

recursos representan una inversión inicial de \$ 121.000, cantidad que puede ser cubierta por la empresa.

La alternativa 1 ofrece un Valor Actual Neto (VAN) de \$ 1 140,188 (para un periodo de 5 años) y un Periodo de Recuperación del Capital (PRC); por su parte, la alternativa 2 se plantea en base a un VAN de \$ 1 200,549 y un PRC de 5,7 meses. En base a estos datos y las discrepancias en el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) de cada alternativa, se establece que el PRC es muy corto por lo cual se ha seleccionado elegir la alternativa 2.

Considerándose una simulación adversa del 10% para las siguientes variables propias del proyecto de la alternativa 2: la estabilidad en el precio de los postes y la producción física de los mismos, y un aumento de los costos de operación de un 10%, se obtuvo un VAN de \$ 439.004 y una TIR del 109,29 %. En base a las cifras obtenidas, se concluye que el proyecto es factible demostrando una solidez tomando como base fundamentos técnicos, administrativos, financieros y del mercado.

Carossio (2015) en su tesis titulada *Proyecto de Inversión: Fábrica de Postes de Hormigón*, se planteó el objetivo de evaluar los costos de inversión y la viabilidad de ejecución de la puesta en funcionamiento de una fábrica de postes de hormigón desde el flujo de fondos y la operatividad productiva. No se precisaron detalles sobre la metodología de investigación utilizada. Como resultado del estudio se llegaron a las siguientes conclusiones:

Como resultado de la evaluación del proyecto se estableció objetivamente una inversión inicial de \$4 069 042,92 y una tasa de retorno de 33,55% (basándose en un escenario de estabilidad). Además, se ha garantizado la viabilidad desde el punto de vista técnico, legal, económico, político y de gestión, con la única precisión que la gestión planteada demanda de personal capacitado.

Los resultados complementarios demuestran que el plan cuenta con un margen de error aceptable ya que, según los análisis de sensibilidad, el proyecto contempla una reducción de hasta un 20% en las ventas, con lo cual la TIR se establece en 15%. Se concluye que la implementación del proyecto es tanto aceptable como viable. A pesar de no haberse considerado el riesgo de inversión dentro del estudio, los valores de rentabilidad son considerablemente superiores a condiciones adversas esperables.

Villavicencio (2014) en su tesis titulada *Proyecto de inversión para la implementación de una planta de fabricación de postes de hormigón armado para sistemas de distribución eléctrica*, se planteó el objetivo de determinar la viabilidad de la implementación del proyecto, para facilitar la percepción del panorama para los inversionistas mostrando los riesgos e impacto asociado al funcionamiento del plan proyectado a 10 años. No se precisaron detalles sobre la metodología de investigación. Como resultado del estudio se llegaron a las siguientes conclusiones:

La región austro ecuatoriano cuenta con un único proveedor, por lo cual, la fábrica de postes de hormigón armado HORMAT S.A. posee el monopolio total del mercado, imponiendo los precios y el nivel de calidad que más vea conveniente para los productos que ofrece, del mismo modo decide a quién vender y la forma de hacer las ventas.

Se ha identificado que la fábrica HORMAT no logra satisfacer las necesidades del mercado del austro ecuatoriano, al no poder cubrir la demanda en variadas temporadas del año, además que sus servicios son percibidos en niveles por debajo de la excelencia de calidad, por lo cual, los profesionales de ingeniería eléctrica y electrónica señalan que, en caso de poder acceder a una empresa

competidora en el rubro que brinde calidad en productos y servicios optarían por cambiarse de proveedor. Las nuevas tecnologías y métodos de fabricación de postes de hormigón armado, permitirían reducir los costos, aumentar la capacidad de producción y, en base a estos, cubrir la demanda del mercado local.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Hernández (2015) en su tesis titulada *Propuesta de mejora de la producción para la empresa "Tubos y postes Chiclayo S.R.L." aplicando la teoría de restricciones*, se planteó como objetivo evaluar la implementación de un propuesta de mejora en base al estudio de las actividades que representan las principales restricciones del sistema de producción. No se precisaron detalles sobre la metodología de investigación. Como resultado del estudio se llegaron a las siguientes conclusiones:

Dentro de las restricciones identificadas en el diagnóstico situacional actual de la empresa se muestran: el incumplimiento de las fechas de entregas de proveedores de materia prima, incumplimiento en el programa de producción, irregularidades en el tiempo de armado de los moldes, irregularidades en el tiempo de preparación de los moldes y la deficiente atención a los pedidos por parte de la empresa.

Los planes de mejora estarán orientadas a atender la planificación de los procesos a los que son sometidos las materias primas, el uso adecuado de los recursos, el incremento de la eficiencia en el armado de la estructura del molde, la etapa de alistado del molde y el aumento de la producción.

Como resultado de la ejecución del plan de mejora se mejoraron los indicadores de producción como en el caso de la producción de postes de media tensión (2 postes/día adicionales) y la productividad de sus materiales (43,52 kg/día adicionales), producción de postes de baja tensión (3 postes/día adicionales) y la productividad de sus materiales (47,5 kg/día adicionales), productividad de la mano de obra (13,32 kg/op), productividad económica (0.19 soles/kg); a partir de estas cifras se evidencia el impacto de la planificación y la regularidad de productividad de los operarios, la cual se traduce, finalmente, en un beneficio de S/. 42 360,59 soles en el primer año.

Gárate (2017) en su tesis titulada *Reordenamiento de la distribución de planta mediante el modelo carga-distancia de la Empresa Concretos Arteaga Cusco, 2016-2017*, se planteó como objetivo el reordenar la forma en que las instalaciones de la planta de la Empresa Concretos Arteaga se encuentra distribuido.

Como parte de la metodología la investigación fue de tipo Aplicada, de diseño no experimental, nivel descriptivo, manejando como muestra a 10 trabajadores de la empresa (un gerente y 9 trabajadores del área de producción) y haciendo uso de una guía de entrevista y guías de observación como instrumentos para la recolección de información. Como resultado del estudio se llegaron a las siguientes conclusiones:

Ante la disponibilidad de espacios, el reordenamiento de la planta contribuirá a la disminución de las distancias y los tiempos de producción.

Se identificó el armado de la estructura metálica como una ruta crítica por lo cual se propuso la reactivación del área destinada a esta actividad con la contratación de dos personas, lo que implicaría la reducción de casi la mitad del tiempo empleado en la actualidad. Además, se adicionaría un paso más en la ruta crítica con la reactivación de hornos para vaporización, los cuales estaban en desuso, con lo que el tiempo de desencofrado de postes se reduciría considerablemente.

Se considera que el ordenamiento del Área de almacén de acero, Área de almacén de cemento, Área de almacén de agregado y el Área de armado y soldadura de acero, implicaría la reubicación de las mismas para un abastecimiento más equitativo reduciría el tiempo perdido en el traslado de material.

Rosas (2015) en su tesis titulada *Propuesta de mejora del sistema de gestión de mantenimiento para reducir sobrecostos en la Empresa Postes del Norte S.A.*, se planteó como objetivo el establecer una propuesta de mejora del sistema de gestión de mantenimiento que permita reducir los sobrecostos por mantenimiento correctivo en la empresa Postes del Norte. Como parte de la metodología la investigación fue de tipo aplicada y de diseño pre-experimental. Como resultado del estudio se llegaron a las siguientes conclusiones:

El análisis diagnóstico inicial sobre la gestión de mantenimiento actual develó que se estaba trabajando con el 100% del mantenimiento correctivo, situación que implicaba marcados sobrecostos en la actividad productiva. La propuesta de programa anual de mantenimiento preventivo contiene el estudio de confiabilidad, las tareas de mantenimiento y los tiempos de ejecución para cada máquina.

Además, se consideró como parte del programa la capacitación del personal de acción que reduciría en un 75% los costos que implicaría la tercerización del mantenimiento.

La evaluación económico-financiera de la propuesta señaló que el programa era rentable en base a los indicadores siguientes: VAN S/. 28 188,99, TIR 43,75 y B/C (costo beneficio) 2.3.

### **2.1.3. Antecedentes regionales**

Chucuya (2018) en su tesis titulada *Diseño de un sistema de molienda de maíz para la empresa "El Gran Pollón" Tacna*, se planteó como objetivo diseñar un sistema destinado a la molienda de maíz para la empresa El Gran Pollón. No se precisaron detalles sobre la metodología de investigación utilizada. Como resultado del estudio se llegaron a las siguientes conclusiones:

Se seleccionó al molino de matrillos, en base a sus ventajas y desventajas, como el más adecuado acorde a los parámetros iniciales establecidos. El sistema cumple con la capacidad de producción esperada con 2 toneladas de maíz triturado por hora, en tamaños grueso y medio.

La viabilidad del proyecto se sustentó en base a los indicadores económicos y financieros, demostrándose a través del VAN calculado, siendo este mayor a cero.

De este modo, se concluye que los ingresos futuros resultantes son mayores que el monto inicial invertido. El análisis financiero demuestra una reducción notable de costos en la producción de las aves, en base a la implementación del proyecto, recuperándose la inversión en 1 mes y 17 días.

Quispe (2017) en su tesis *agitación de la salmuera en el procesamiento de la aceituna*, se planteó como objetivo optimizar el funcionamiento del sistema mecánico de agitación en base al rediseño del equipo y la instalación de placas deflectoras logrando, a través de estas modificaciones, obtener una mezcla eficiente. No se precisaron detalles sobre la metodología de investigación utilizada. Como resultado del estudio se llegaron a las siguientes conclusiones:

La optimización del sistema de agitación estuvo compuesta por la implementación de cuatro palas posicionadas con una inclinación de  $45^\circ$ , con 200 mm de diámetro y posicionadas a 200 mm del fondo del recipiente. Dichas especificaciones de la propuesta fueron diseñadas para lograr una eficiente disolución de la sal industrial.

El diámetro del eje propulsor se determinó en 23 mm, basado en el cálculo del momento torsor y flector, haciéndose una

estimación comercial de 25,4 mm. En base a las dimensiones establecidas se seleccionó un motor de 1,1 kW(1,5 HP) como el más adecuado para la obtención de la mayor potencia de arrastre.

La propuesta de agitación mecánica logra reducir en cinco minutos el tiempo estimado con agitación manual de la salmuera, establecido en 20 minutos.

Huarecallo (2019) en su tesis titulada *Optimización del proceso de recuperación de oro con un concentrador centrífugo para la pequeña minería aurífera*, se planteó como objetivo el optimizar el proceso de recuperación de oro a través de la implementación de una propuesta de concentrador centrífugo para pequeña minería. Como parte de la metodología la investigación fue de tipo aplicada, de nivel descriptivo – experimental y manejando como muestra 10 kg de minerales que contienen oro. Como resultado del estudio se llegaron a las siguientes conclusiones:

El método de recuperación propuesto está libre de uso de reactivos que afecten el medio ambiente, como el mercurio, reduciendo de este modo los gastos de consumo de reactivos.

Los porcentajes de recuperación determinados fueron de 52,84% para el concentrador Falcon y de 53,91% para el

concentrador piloto; ambas cifras se posicionan por encima del 30-35% de recuperación de la minería informal.

Se determinó la caracterización física del mineral resultante en 2,25% de humedad, 2,7 g/cm<sup>3</sup> de peso específico y una granulometría de 70-71% malla -200 resultante a los 30 y 35 minutos de molienda.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Producción**

Prado (1993) concibe la idea de empresa como una unidad de producción, la cual busca satisfacer las necesidades de un mercado a través de los bienes y servicios que ofrece, obteniendo un beneficio como compensación de su gestión realizada.

Para Kotler y Keller (2012), la producción es uno de los términos más antiguos dentro del campo de los negocios. Los directores de negocios encargados del área productiva se enfocan en alcanzar una alta eficiencia de producción, manteniendo los costos al mínimo y visualizando una distribución masiva de sus productos. Estas acciones se fundamentan en la idea de que los consumidores tienden a elegir productos de fácil acceso y cuyos precios sean los más bajos del mercado.

Moreno (2017) precisa que para lograr el óptimo funcionamiento de la empresa, cada área debe tener bien definido su objetivo específico, de forma que cada una de ellas sea funcional y la integración de sus actividades en conjunto garantice la productividad de la organización. De esta forma, la producción es un proceso conjunto, donde el desarrollo ineficiente del potencial de un área, repercute de forma negativa en el funcionamiento de la organización.

Moreno (2017) plantea que las áreas funcionales de una organización está compuesta por los departamentos de: producción, finanzas, mercadeo y talento humano. En este formato la producción se encarga de la planificación de la producción, los insumos y materiales, la seguridad industrial y el mantenimiento.

El proceso de producción es, en su formato elemental, la transformación de recursos en bienes y servicios, a través de la utilización de tecnologías. Este es considerado un acto intencional, cuyo objeto es la satisfacción de las necesidades humanas por medio de estos productos.

### ***2.2.2. Procesos de producción***

Para Mayorga et al. (2015) consiste en un conjunto de actividades a través de las cuales uno o varios factores productivos

son transformados en productos. La modificación del estado inicial del recurso provee al mismo de un valor agregado, en favor de facilitar la satisfacción de las necesidades del cliente.

Kotler y Keller (2012) señalan que, si bien los competidores pueden intentar imitar los procesos de fabricación y el diseño de un producto, existen muchos otros factores que garantizan el posicionamiento de una marca en el consumidor, como por ejemplo el marketing y las experiencias suscitadas en relación al producto.

Según Vilcarromero (2017), la gestión de la producción refiere al conjunto de herramientas administrativas, que garantizan que la productividad de una empresa alcance sus niveles más altos esperados. Esta gestión se basa en la planificación, demostración, ejecución y control de los diferentes procesos implementados por una empresa para la obtención de productos de calidad.

Para la producción se requieren un conjunto de elementos denominados factores de producción, los mismos que garantizan la eficiencia de esta actividad. La productividad estará delimitada por tanto factores internos, como las instalaciones, maquinarias, materiales, mano de obra; como factores externos como las políticas comerciales y tributarias, suministros de proveedores, entre otros (Mayorga et al., 2015).

Los factores o recursos productivos (denominados también como inputs) son los elementos que la empresa emplea a manera de unidades económicas de producción, las cuales son empleadas para producir otros bienes y servicios finales. Los productos obtenidos, también llamados outputs, son el resultado de la combinación de los inputs, de forma en que son convertidos en bienes y servicios para el consumo de clientes o uso posterior en la producción.

Parkin (2009) establece que los factores de producción pueden clasificarse en:

- Tierra: Todos los recursos brindados por la naturaleza, sin intervención del hombre, como la tierra, agua, minerales, entre otros, que son seleccionados para ser transformados en productos y servicios.
- Trabajo: Es el aporte físico y/o intelectual, brindado por las personas, a través del tiempo y esfuerzo invertido a favor del proceso de producción.
- Capital: Son los bienes duraderos no destinados al consumo, más sí en favor a la producción de otros bienes. Conjunto de elementos dentro de los cuales se ubican la maquinaria, edificios, vehículos, ordenadores, equipamiento, entre otros.

- Habilidades empresariales: Hace referencia a los responsables encargados de tomar las decisiones, aportar ideas y organizar los tres factores antes mencionados.

### **2.2.3. Motores de combustión**

Según Veintimilla (2013) el motor de combustión se ha posicionado como la mejor alternativa como fuente de energía, dejando atrás los mejores años del motor de vapor (motor de combustión externa), comparado en la actualidad, solo con la turbina de vapor en relación a la energía producida. Con un posicionamiento marcado en los motores para aviación, la construcción de motores de combustión ha ido evolucionando gracias a la demanda para su implementación en automóviles, lanchas, aviones y trenes, así como en pequeñas plantas de producción, logrando ubicarse como una de las más grandes industrias a nivel mundial.

Rovira y Muñoz (2015) señalan que los motores de combustión interna son un conjunto de elementos mecánicos utilizados para la generación y aprovechamiento de energía mecánica. Tiene como base el proceso de combustión, generado dentro de su propio sistema, a partir del cual maneja el estado térmico de fluidos convirtiéndose así, en plantas de potencia para su

aplicación en vehículos de transporte, por su alta potencia específica.

La implementación de motores en la producción industrial, así como en el campo de la agricultura y transporte, tienen un gran impacto en los costos de producción, así como las regulaciones establecidas por el estado en el marco de impacto ambiental, conservación de recursos y condiciones básicas para los trabajadores. En este contexto, los motores de combustión interna y el respectivo uso de combustibles derivados del petróleo, representan altos costos de inversión, así como el agotamiento de reservas y la contaminación del medioambiente.

#### **2.2.4. Motores eléctricos**

Según Castañeda (1998) una máquina eléctrica se compone, elementalmente, de un convertidor de potencia cuyo funcionamiento está ligado al manejo de campos magnéticos para ser transformados en energía de campo eléctrico, y viceversa. Cuando una máquina eléctrica se encarga de transformar energía mecánica en energía eléctrica se la denomina generador, mientras que las máquinas que realizan la transformación inversa son denominadas motores. Además, existen las máquinas que transforman la misma energía

eléctrica en energía eléctrica, estas se denominan transformadores o convertidores rotatorios.

Secundino (2011) define a los motores eléctricos como aquellos que hacen uso de la energía eléctrica para producir energía mecánica o movimiento. La innovación que ha acarreado la implementación de estos, tanto en vehículos como en maquinaria industrial, ha permitido que los sistemas desarrollados mejoren sus capacidades dependiendo del almacenamiento y abastecimiento eléctrico.

Según Fraile (2008) las máquinas asincrónicas o de inducción están compuesta esencialmente por un estator y un rotor. En el estator se posiciona el inductor, cuya alimentación es dada por una red monofásica o trifásica, mientras que el rotor es el elemento inducido, porque a partir de la interacción generada por el estator, es donde se genera la aparición de la circulación de corrientes.

#### **2.2.5. Fabricación de postes**

La definición de poste brindado por Pino (2016), señala que es un pilar o columna fabricada con hormigón cuyo uso está destinado para el soporte de los aisladores que sujetan los conductores de las líneas eléctricas. Básicamente son utilizados para sostener cableado eléctrico, telefónico y de fibra óptica.

Según Carossio (2015) la fabricación de este producto requiere de ciertas condiciones como que el espacio destinado para el desarrollo de cada proceso productivo esté techado y brinden las condiciones para la uniformidad de la producción cumpliendo los estándares de calidad y el ritmo de operación esperado. Además, es de gran importancia que los agregados inertes sean adquiridos de proveedores que garanticen que estos sean entregados en cumplimiento de las condiciones de calidad, especificaciones y programaciones de tiempo.

Carossio (2015) agrega que las materias primas básicas como son el cemento y los hierros, requieren de un almacenamiento libre de humedad y en un espacio cerrado para no generar riesgo de deterioro de los mismos. Cabe resaltar que los productos utilizados en la producción han de ser de primera calidad, puesto que han de cumplir con los estándares de los clientes quienes dentro del rubro suelen ser de instituciones u organizaciones de gran demanda.

Villavicencio (2014) y Hernández (2015) luego de una correspondiente investigación, establecen una serie de procesos de manufactura de postes a partir de los cuales se ha desarrollado la siguiente sección:

- **Ensamble de la armadura:** Los alambres son enderezados y cortados a una longitud determinada, estos son tensados a través de la sujeción por ambos extremos, alambres de menor diámetro son montados dando forma a las jaulas. Este proceso suele realizarse dentro de los moldes o matrices que han sido previamente limpiados de residuos previos.
- **Mezcla y vaciado de concreto:** La elaboración de la mezcla se basa en la combinación de cemento, áridos y agua, de manera que se logre la correcta humedad de la misma, luego esta pasa a alimentar los moldes.
- **Tapado de molde y empernado:** Los moldes suelen consistir de una sección inferior donde se realiza el vaciado de la mezcla, y una segunda sección (superior) la cual es asegurada con pernos para la correcta sujeción.
- **Centrifugado:** Una vez armado el molde con el concreto, este es colocado en una máquina centrífuga automática, la cual compacta el cemento y ayuda a remover el exceso de agua. Este proceso garantiza una mayor resistencia del concreto.
- **Curado al vapor:** Posterior al centrifugado, el poste es puesto en reposo por unos minutos, luego de los cuales se retira el cono central que provee la forma hueca del poste. Es por este

- agujero por donde se realiza la inserción de vapor de agua con el fin de acelerar el alcance de la resistencia del concreto.
- Desmolde: El proceso previo de curado favorece al retiro de los postes de sus respectivos moldes, en seguida, estos son colocados en una habitación donde se les dará un tratamiento de vapor y baños de agua.
  - Curado en agua: Posterior al fraguado realizado en la cámara de vapor, los postes son sometidos a un baño continuo de agua al aire libre hasta que alcance la madurez y dureza necesaria para su traslado al área de producto terminado.
  - Almacenaje: Los postes serán guardados en el área de producto terminado durante 4 días antes de estar listos para la comercialización y transporte.

#### ***2.2.6. Criterios de evaluación para propuesta de sistema de producción***

Para evaluar el sistema de centrifugado se manejarán los criterios técnicos de evaluación desde el punto de vista mecánico establecidos por Aguilar (2012):

Capacidad: Es el criterio más importante ya que a partir de los márgenes productivos, una propuesta puede ser desestimada

desde su partida, si es que esta no logra alcanzar la capacidad con la que cuenta la empresa en la actualidad. Los datos de capacidad serán establecidos acorde al equipo a evaluar y pueden abarcan tanto las disciplinas de procesos como mecánica.

Sistema motriz principal: La evaluación de este criterio engloba el análisis de los componentes del sistema como la forma de alimentación del mismo. El sistema puede estar compuesto por un sistema principal, acompañado de uno o varios sistemas motrices secundarios. Los sistemas motrices pueden clasificarse, según su motor, en: eléctrico, hidráulico, de combustión interna, térmico, entre otros.

Sistema de transmisión de potencia: También denominado como cadenas cinemáticas, hacen referencia al conjunto de mecanismos encargados de producir movimiento partiendo de un eje motriz hasta el eje principal del trabajo (Flores, 2012). Estos se clasifican principalmente en los siguientes tipos: cadenas, fajas en V, reductor de velocidad. La evaluación de estos sistemas se enfoca en el tipo de elemento de transmisión, disposición y factor de servicio.

Estructura: La evaluación de este criterio se enfoca en el análisis de los materiales y el tipo de construcción. Los tipos principales de estructuras son: base soporte, soporte horizontal, soportes verticales, bastidor, torres soporte.

Componentes particulares: Estos dependerán del equipo al cual se haga referencia, los mismos que han de ser evaluados de forma individual, de así ser requerido por la importancia del mismo componente.

### **2.2.7. Mantenimiento**

Según Barturén (2018) es el conjunto de medidas y actividades a realizarse para poder mantener a un equipo o instalación en un buen estado, pudiendo realizar, de este modo, las actividades para las cuales fue diseñada.

Flores (2012) señala que es elemental para la ejecución de operaciones que el área de mantenimiento industrial cumpla con sus funciones. Un correcto mantenimiento no solamente conlleva al eficiente funcionamiento de las instalaciones, sino que, además, permite alcanzar los objetivos planteados como el control de los ciclos de vida sin el aumento de costos destinados a este.

Según ACE Project (2021) luego de las acciones de verificación, prueba e implementación, los sistemas requieren de un

mantenimiento permanente. La forma de llevar a cabo el mantenimiento varía según el tipo y complejidad de la tecnología usada, por lo cual, la periodicidad de las acciones programadas y las especificaciones sobre las mismas, han de ser establecidos en base a lo establecido por los proveedores o fabricantes.

Según Ministerio de Educación Cultura y Deporte de España (2019) el mantenimiento mecánico se puede clasificar en mantenimiento correctivo, preventivo y mecánico. Dentro de esta tarea se pueden desarrollar diferentes tareas como: Diagnóstico de síntomas causales, reparación, reglaje, ajuste, diagnóstico de funcionamiento, análisis de estado y montaje, de máquinas, equipos y sistemas.

### **2.2.8. Criterios de calidad del cemento para la fabricación de postes**

El concreto debe ser de alta resistencia (350 - 560 Kg/cm<sup>2</sup>), con un asentamiento máximo de 2,5 cm y debe ser preparado mediante una dosificación en peso. El empleo de aditivos requiere del diseño de la mezcla correspondiente; a la vez, los aditivos no deben contener ion cloruro. El agua usada en la mezcla, debe ser potable; sin ninguna sustancia perjudicial como aceite, ácido, sales minerales, materias orgánicas, o alguna que pueda afectar el acero de la estructura o el concreto.

Por otra parte, el cemento debe cumplir con las normas NTC 121 y 321. Los agregados deben cumplir la norma NTC 174. La gavilla o agregado grueso debe contar con un tamaño mínimo de 13mm y un máximo de 19mm.

Una vez realizado el centrifugado, luego de 24 horas de fabricado el poste, se retiran la cima y la base transitorias. Dicho poste, no debe presentar grietas o fisuras de ningún tipo, o algún daño en notable entre la cima y la base. El poste final debe mostrar una superficie lisa sin hormigueros ni desprendimientos del concreto, tanto interna como externamente.

Los detalles para la elaboración de concreto, como el grado de dureza y el periodo de fragua, descrito por Elizondo-Valverde (2013) como se muestran en el Anexo 8.

### **2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS**

- a) Bienes: Artículos físicos que son parte de la actividad productiva de una organización (Kotler y Keller, 2012).
- b) Inputs: Recursos empleados en organizaciones económicas de producción para la fabricación de bienes y servicios (Mochón, 2006).
- c) Motores eléctricos: Máquinas que se alimentan de energía eléctrica para producir energía de tipo mecánica (Castañeda, 1998).
- d) Outputs: Llamados también productos, engloba un amplio espectro de bienes y servicios, los cuales tienen la misión de satisfacer las necesidades de los consumidores o de ser utilizados en la producción de otros bienes y servicios (Mochón, 2006).
- e) Poste: Bien tangible destinado a brindar seguridad y estabilidad a las redes eléctricas y telefónicas de distribución (Villavicencio, 2014).
- f) Procesos de producción: Actividades y tareas específicas que son utilizados en la actividad productiva de una empresa (Caba et al., 2011)

g) Producción: Secuencia de operaciones destinadas a la transformación de recursos partiendo de un estado inicial para tomar una forma determinada basado en estándares esperados (Caba et al., 2011).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

##### ***3.1.1 Tipo de Investigación***

Se consideró pertinente la investigación de tipo aplicada, porque tiene como principal objetivo resolver problemas prácticos, en este caso, de las empresas de Tacna (Vara, 2010). El nivel de investigación es descriptivo, porque trata de describir el funcionamiento del motor de rotación para el proceso de centrifugado de postes.

##### ***3.1.2. Diseño de la investigación***

El diseño del estudio es no experimental, "porque no se realizarán modificaciones en alguna de las variables observadas, el investigador solo se limitará a describir el comportamiento de la variable de manera natural" (Hernández y Mendoza, 2018).

### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

De acuerdo al tipo de investigación, Malhotra (2008) indica que la población está compuesta por el total de sujetos que poseen similares características evaluadas, enmarcados en las características de tiempo, espacio. De acuerdo a la investigación, la población del presente proyecto son los motores de rotación para el proceso de centrifugado de postes para las empresas de Tacna. El muestreo es no probabilístico, por conveniencia, porque se tomará el número de sujetos establecidos en la población.

### 3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 1**

*Operacionalización de variable dependiente e independiente*

Variable	Dimensión	Indicador
V. Independiente: empleo de criterios mecánicos	Mantenimiento	Días
	Factor de seguridad	Porcentaje (%)
	Torque	Sistema de transmisión de potencia
V. Independiente: uso de un motor de rotación eléctrico	Consumo de energía eléctrica	kW-h
	Mantenimiento	Costo de mantenimiento Periodo de mantenimiento
V. Dependiente: mejoramiento del proceso de centrifugado para la fabricación de postes	Eficiencia	Reducción de costos en el proceso de centrifugado
	Eficacia	Reducción de tiempos en el proceso de centrifugado

### **3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS**

A continuación, se describen las técnicas junto a sus respectivos instrumentos.

- Como principal técnica se utilizó la observación directa – no participante; dicha técnica es cuantitativa. El instrumento correspondiente es la guía de observación y sirvió para evaluar los tiempos del proceso de centrifugado (Ñaupas et al., 2019).
- En segundo lugar, la técnica usada fue el análisis de contenido; esta técnica es cuantitativa. El instrumento correspondiente es la hoja de codificación, este instrumento se utilizó para registrar los costos energéticos antes y después de la implementación del motor eléctrico (Ñaupas et al., 2019).

Es preciso señalar que este tipo de instrumentos, son de medición directa y no cuentan con un constructo, por lo tanto, no es indispensable realizar una validación de los instrumentos (Soriano, 2015).

### **3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Una vez que se registraron los tiempos en el proceso de centrifugado, esta data se digitó en el software Microsoft Excel, que luego sirvió para realizar el procesamiento de datos y la comprobación de hipótesis, con el software IBM SPSS 25.

Con respecto a los datos de los costos, estos se digitaron en el software Microsoft Excel. Una vez que se obtuvieron estos datos, se procesó la información y se comprobaron las hipótesis planteadas, con ayuda del software IBM SPSS 25.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **4.1. INTRODUCCIÓN**

Al inicio de la propuesta se evalúan las necesidades requeridas por la empresa, relacionadas con el proceso de centrifugado de postes. Luego se realiza la selección del motor adecuado, así como sus características técnicas necesarias; se establece la forma de su uso, el mantenimiento requerido y las capacitaciones necesarias para los colaboradores. Luego se evalúan los beneficios de su implementación, en función del costo y el tiempo. Finalmente, se evalúa económicamente la inversión, a través de indicadores como el Ahorro Obtenido, VAN, TIR y PRD.

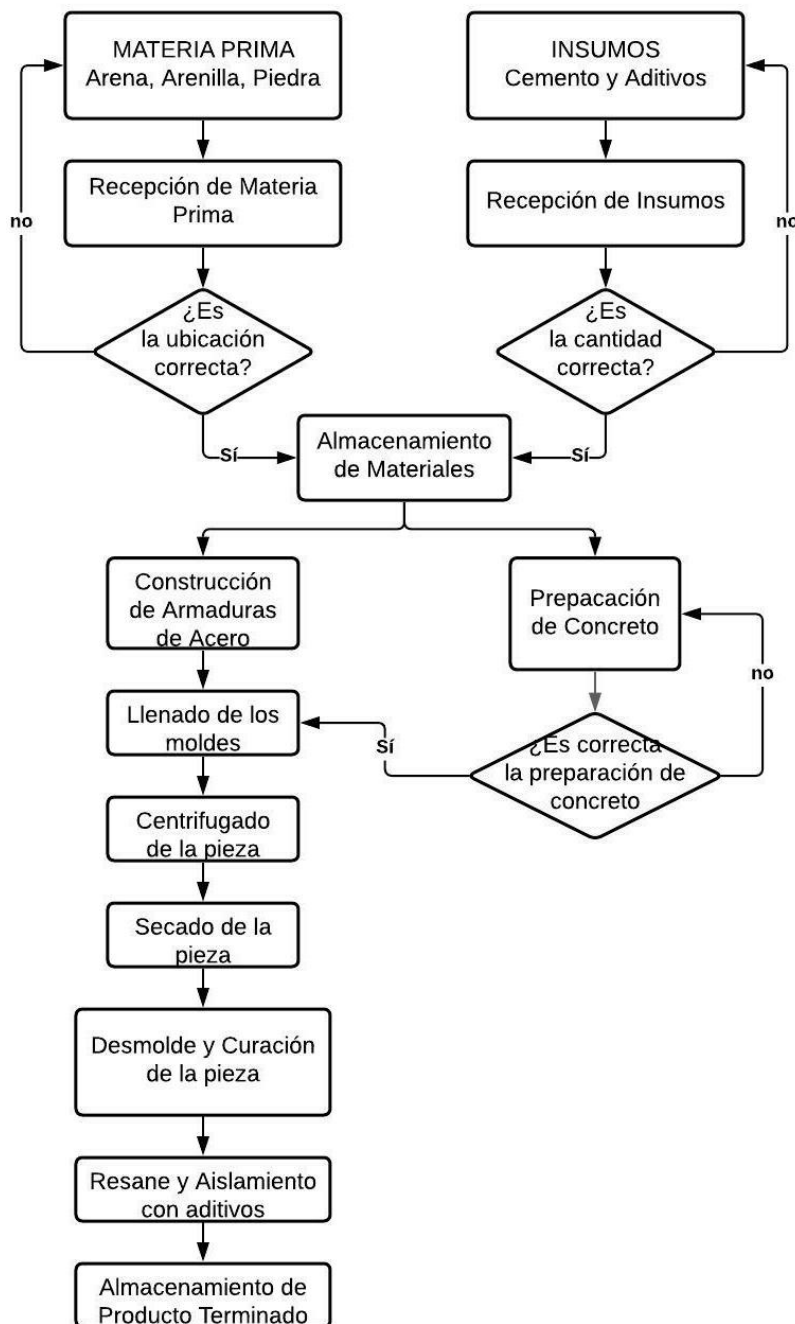
#### **4.2. ANTECEDENTES**

##### **4.2.1. Características del proceso**

Para comprender el proceso se realizó un flujograma, como se muestra en la Figura 1. El proceso de centrifugado se realiza después del proceso de vaciado y antes del secado y desmoldado. Es en esta etapa, donde el molde armado se coloca en la máquina centrífuga y se realiza el girado; se compacta el cemento y se remueve el exceso de agua. Este proceso garantiza una mayor resistencia del concreto.

**Figura 1**

*Flujograma del proceso de elaboración de postes*



Como se observa en la Figura 1, el proceso de centrifugado es vital en la construcción del poste; así mismo, la normativa indica por el Ministerio de Energía y Minas (2003) da a conocer que los postes de concreto armado debe contar con el proceso de centrifugado; de acuerdo a las normas DGE: Especificaciones técnicas para el suministro de materiales y equipos de redes secundarias para electrificación rural.

De acuerdo al tipo de poste, la primera velocidad oscila entre las 1000-1300 rev/min, en la segunda velocidad se llega a un máximo entre 2000-2200 rev/min; la tercera velocidad oscila entre 3000-3200 rev/min. El girado tiene una duración total de 9,5 minutos en promedio. Esta información, fue obtenida durante el recojo de información dentro de la empresa.

#### **4.2.2. Características del motor usado**

Dentro del proceso de centrifugado, la centrífuga está equipada por un motor de combustión, que anteriormente pertenecía a una camioneta. Dicho motor ha presentado fallas debido a su antigüedad (motor usado desde antes del año 2000) y uso constante; este motor es controlado por una caja de cambios y permite trabajar con tres velocidades: 1000-1300 rev/min, 2000-2200 rev/min, 3000-3200 rev/min aproximadamente.

No había muchas especificaciones, en ese sentido, solo se contaba con el modelo del motor. Es por ello, que a partir de este modelo se halló información acerca del motor. Sin embargo, es necesario aclarar que este motor no funcionaba como si estuviera en perfecto estado, las especificaciones halladas corresponden a un motor nuevo o en buenas condiciones.

**Modelo de motor.** El modelo de motor es Toyota 3L.

**Descripción del motor.** De acuerdo a Ventos (2021) el modelo cuenta con las siguientes características:

El motor diesel 3L es un motor diesel de cuatro cilindros. La cilindrada del motor es de 2.779 centímetros cúbicos. Aunque el motor tenía una cilindrada total de 2,8 litros, el nombre del modelo del motor es 3L. El diámetro por carrera del motor es de 3,78 por 3,78 pulgadas, o 96 mm por 96 mm. La relación de compresión es de 22,2 a 1. El sistema de refrigeración tiene un diseño refrigerado por líquido, mientras que el diseño del motor tiene un solo árbol de levas en cabeza. El motor no tiene turbocompresor y no está diseñado para un vehículo de bajas emisiones (LEV). El sistema de combustible utiliza un diseño de distribución de bomba de chorro de Bosch. El motor también tiene un sistema de sincronización de válvulas variable (párr. 2).

## Especificaciones del motor

**Tabla 2**

*Características del motor anterior*

<b>Característica</b>	<b>Detalles</b>
Código del motor	TD27
Diseño	Recto-4, vertical
Tipo de combustible	Diesel
Producción	1991-1997
Desplazamiento	2,8 L, 2.776 cm <sup>3</sup> (169,6 pulgadas cúbicas)
Bomba de inyección	Mecánico
Sumador de poder	Ninguno
Red caballo de fuerza	91 PS (67 kW; 90 HP) a 4.000 rpm
Salida de par	188 N · m (19,2 kg · m, 138,6 pie · lb) a 2400 rpm
Orden de disparo (inyección)	1-3-4-2

*Nota.* Obtenido de Ventos (2021).

### **4.2.3. Diagnóstico**

La empresa requiere un motor eléctrico que se ajuste a sus medidas; sin embargo, es necesario precisar que la creación de un motor de rotación eléctrica no sería eficiente debido al alto costo y los limitados recursos, lo más conveniente fue buscar un motor de rotación eléctrico ya fabricado por alguna marca reconocida y que se adecúe a los requisitos del proceso; o en su defecto, establecer claramente los recursos idóneos.

Por otra parte, la empresa buscó un cambio que les permita obtener un mejor resultado, con un menor costo debido a sus recursos limitados.

### **4.3. CARACTERÍSTICAS DE LA PROPUESTA**

#### **4.3.1. *Objetivos y consideraciones del proceso de centrifugado***

El proceso de centrifugado se debe realizar a través de una máquina centrifugadora, la cual debe estar alineada perfectamente con sus dos ejes; esta debe contar con un motor de velocidad variable y potencia en función del tamaño del poste a centrifugar. En este ciclo se debe observar por lo menos tres niveles de velocidad de manera que el resultado sea un concreto de alta densidad y con la mayor uniformidad posible, que garanticen la resistencia requerida, impermeabilidad a los gases y líquidos, y mayor durabilidad (Ríos, 2019).

Con respecto al motor de centrifugado, se debe considerar que, si las rpm no son las adecuadas, entonces no se cumpliría con el centrifugado requerido (norma ACI-309) y el cableado sufrirá un sobrecalentamiento, debido al esfuerzo del motor; de lo contrario, si las revoluciones son más de las necesarias, los postes no cumplirán con las dimensiones requeridas e incrementa el riesgo de un desajuste del molde en función de los ejes. A la vez, es necesario establecer los cuidados que se deben tener para la

continuidad del motor, debido que se trabaja en un lugar que genera partículas de polvo constantemente.

#### **4.3.2. Descripción general**

**Selección del motor.** Para la selección del motor se escogió entre cuatro modelos de motor, entre las marcas Delcrosa, ALFA y Motorex. Estos modelos se comparan en la Tabla 3, en función del modelo, voltaje, potencia, número de polos, tiempo de entrega, precio.

**Tabla 3**

*Comparación entre los cuatro modelos*

<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Voltaje</b>	<b>Potencia</b>	<b>Número de Polos</b>	<b>Tiempo de entrega</b>	<b>Precio</b>
Delcrosa	Voges	220v/360v/440v	40HP	12	20 días	1490
ALFA	W22	220v/380v/440v	40HP	Hasta 8	28 días	1480
ALFA	IEC60034	220v/380v/440v	40HP	Hasta 6	35 días	1530
Motorex	IE2 Weg	220v/380v/440v	40HP	Hasta 6	36 días	1360

Entre estos modelos, se consideró el modelo de la marca Delcrosa por ser el motor que llega en menor tiempo después de realizar el pedido, cabe resaltar que, cuanto menos demore la empresa podrá empezar a producir en el menor tiempo posible.

A la vez, el motor es de un bajo costo, en comparación a los demás modelos, pues solo se diferencia en 10 soles con el modelo más económico. A la vez cumple con los requerimientos del centrifugado.

Los detalles de dos modelos, a los cuales se tuvo acceso, se muestran en el Anexo 3. El modelo Voges de la marca Delcrosa que fue seleccionado se muestra en la investigación y no se tuvo acceso al modelo IE2 Weg de la marca Motorex debido a que esa información es solo remitida a través del correo después de llenar los formularios de la página web, pero nunca se obtuvo respuesta; sin embargo, se muestran las principales características.

**Motor elegido.** Luego de realizar una cotización de diferentes precios de motores, se halló que el motor conveniente sería el motor: de la marca Delcrosa de una potencia de 40HP, para una tensión de red de 220V con una conexión estrella-estrella. El modelo de motor seleccionado es:

- Marca: DELCROSA
- Modelo: VOGUES
- Potencia: 40HP
- Voltaje nominal: 220 / 360 / 440 V
- Corriente nominal: 96 / 55 / 32
- Número de Polos: 12


- Color: Azul
- Peso: 236 Kg
- RPM: 1700
- Protección: IP 55

**Descripción.** Dicho motor es de inducción trifásico de jaula de ardilla totalmente cerrada y enfriada por ventilador (TEFC). Cada motor YD pasa por una inspección y ensayo, realizados en la sala de pruebas. El propósito de este tipo de motor es general, tiene diversas aplicaciones en la industria, es de fácil mantenimiento y fácil operación.

## Condiciones de Operación

**Tabla 4**

*Características de las condiciones de operación*

Atributos	Características
Temperatura ambiental	$-15^{\circ} \text{ C} \leq \theta \leq 40^{\circ} \text{ C}$
Altitud	1,000 m. s. n. m.
Tensión nominal	220 / 380 / 440V $\pm 5\%$
Clase de protección	IP55
Conexión	 Para 220-380-440V
Tipo de enfriamiento	Ventilación exterior
Clase de aislamiento	F (155° C)
Frecuencia Nominal	60 Hz

*Nota.* Obtenido de DELCROSA (2019).

**Potencia de salida.** Se encuentra determinada por las condiciones descritas a continuación:

- Tensión nominal indicada en la placa con una tolerancia de  $\pm 5\%$ .
- Frecuencia de suministro eléctrico con una tolerancia de  $\pm 1\%$ .
- Temperatura ambiental hasta 40%.
- Altitud 1,000 m. s. n. m.

- Ciclo de trabajo continuo S1 según DIN VDE 0530.
- En caso de desviación de las condiciones indicadas, la potencia de salida recomendada debe establecerse con la siguiente fórmula:

$$P_d = K_t K_h P_n$$

$P_d$  - potencia de salida admisible

$K_t$  - coeficiente de corrección referido a temperatura

$K_h$  - coeficiente de corrección referido a la altitud

$P_n$  – potencia de salida nominal indicada en la placa

Los coeficientes de corrección están definidos en las Tablas 5 y 6.

### **Tabla 5**

*Coefficientes de corrección A*

T [°C]	40	45	50	55	60
$K_t$	1.00	0.95	0.90	0.83	0.76

*Nota.* Obtenido de DELCROSA (2019).

**Tabla 6***Coeficientes de corrección A*

h [m]	1000	1500	2000	2500	3000	4000
K <sub>h</sub>	1.00	0.98	0.95	0.91	0.87	0.78

**Formas constructivas.** El montaje sobre patas de fijación y la Brida B5 y Patas de fijación, se muestran en el Anexo 4.

**Dimensiones generales y de instalación de los motores.** El diseño de las dimensiones y la tabla de dimensiones se muestran en el Anexo 5.

### Características específicas del motor

**Tabla 7***Datos técnicos del motor eléctrico*

TAMAÑO	IEC	YD 100 L4
POTENCIA	HP	40
	KW	3,7
TENSIÓN	V	220/380/440
CORRIENTE	A	14,5/8,8/7,6
VELOCIDAD	RPM	1700
EFF.	n%	84,5
	Factor de Potencia	0,82
	T <sub>o</sub> Arranque / T <sub>o</sub> Nominal	2,2
	Arranque / Nominal	7,0
	T <sub>o</sub> Máximo / T <sub>o</sub> Nominal	2,3

*Nota.* Obtenido de DELCROSA (2019).

**Protección del motor.** La protección (contra ingreso de sólidos y líquidos a un dispositivo), de acuerdo a la norma IEC 60529, la protección del tipo IP55 que significa que cuenta con una protección contra el polvo, esta no puede evitarse y además no debe entrar en una cantidad que no interfiera con el funcionamiento del motor; se encuentra protegido contra chorros de agua, sin embargo, no debería entrar agua a través de una boquilla de 6,3 mm de diámetro desde cualquier ángulo, con una cantidad de 12,5 L por min.

#### **4.3.3. Eficiencia en motores eléctricos**

Según la norma técnica peruana NTP 399.450 2008. Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, de propósito general, potencia nominal de 0,746 kW a 149,2 kW.

**Límites y etiquetado.** En la Tabla 8, se muestran los estándares mínimos de eficiencia energética para motores de alta eficiencia.

**Tabla 8***Límite inferior nominal para eficiencia alta (IE2) (%) de 60Hz*

Potencial nominal		Número de polos		
HP	kW	2	4	6
1,0	0,8	75,5	82,5	80,0
1,5	1,1	82,5	84,0	85,5
2,0	1,5	84,0	84,0	86,5
3,0	2,2	85,5	87,5	87,5
5,0	3,7	87,5	87,5	87,5
7,5	5,5	88,5	89,5	89,5
10,0	7,5	89,5	89,5	89,5
15,0	11,0	90,2	91,0	90,2
20,0	15,0	90,2	91,0	90,2
25,0	18,5	91,0	92,4	91,7
30,0	22,0	91,0	92,4	91,7
40,0	30,0	91,7	93,0	93,0
50,0	37,0	92,4	93,0	93,0
60,0	45,0	93,0	93,6	93,6
75,0	55,0	93,0	94,1	93,6
100,0	75,0	93,6	94,5	94,1
125,0	90,0	94,5	94,5	94,1
150,0	110,0	94,5	95,0	95,0
200,0	150,0	95,0	95,0	95,0
250 hasta 500	185 hasta 375	95,4	95,4	95,0

*Nota.* Obtenido de Anexo 5: sobre el etiquetado de eficiencia energética para motores eléctricos trifásicos asíncronos o de inducción con rotor de jaula de ardilla (2008). Bajo condiciones a plena carga.

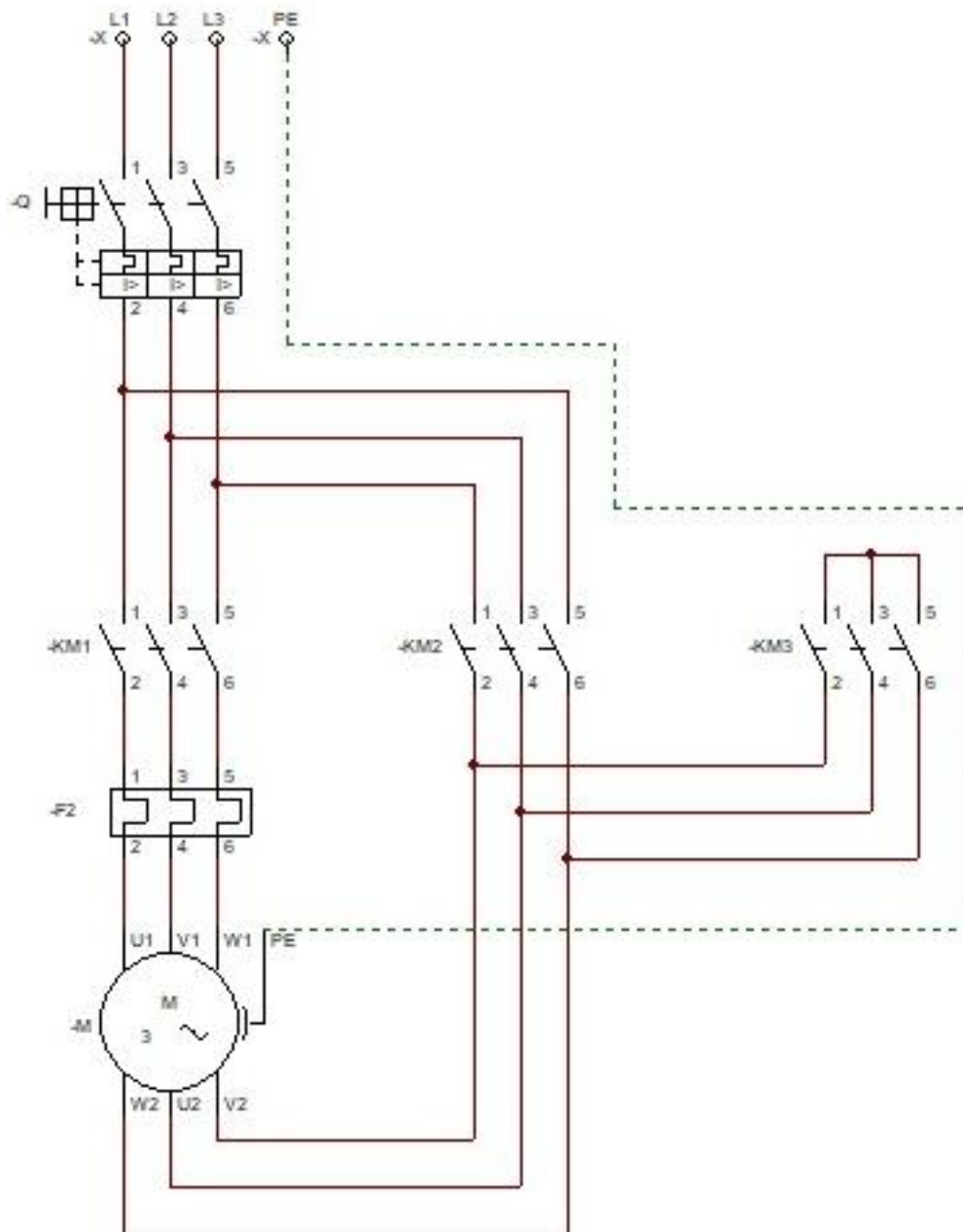
#### **4.3.4. Tablero automatizado**

Con la finalidad de no generar picos de corriente, que podrían afectar el sistema eléctrico, así como el funcionamiento de otras máquinas y equipos, se debe contar con un tablero automatizado para un tipo de arranque “Estrella – Delta” (220V).

De no utilizarse un tablero automatizado, el motor requerirá de un gran torque para vencer la inercia del giro del molde, el concreto y la estructura metálica en el interior del molde. En las Figuras 2 y 3, se muestra el diagrama funcional para el tipo de arranque adecuado.

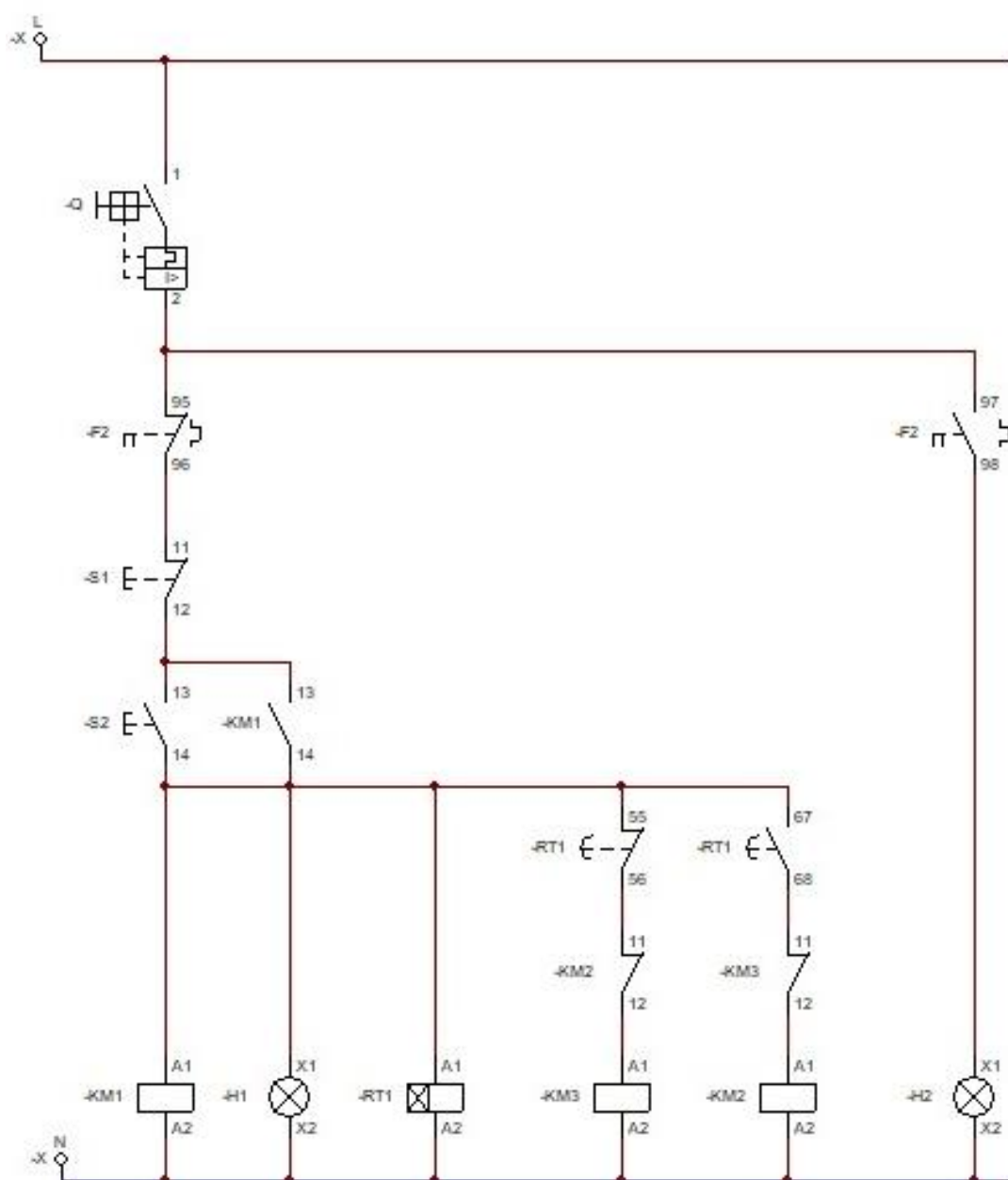
**Figura 2**

*Circuito de fuerza arranque Estrella - Triángulo*



**Figura 3**

*Circuito de mando arranque estrella – triángulo*

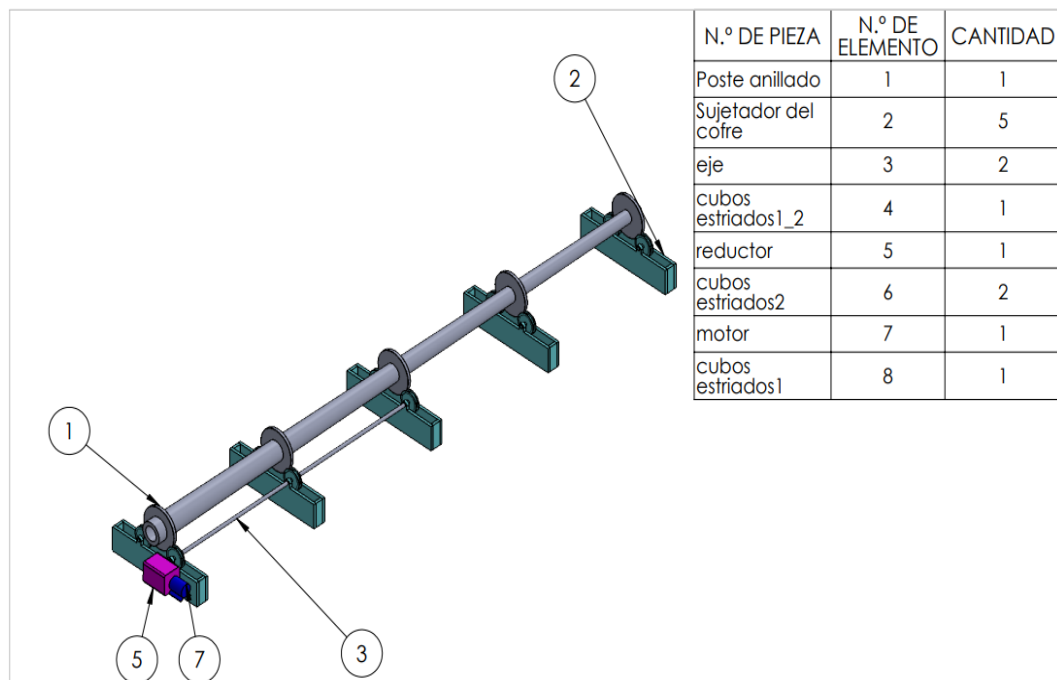


### Componentes externos del motor

Los componentes principales que se consideraron fueron: caja reductora y eje cardan. El motor se conectará a la caja de reductora a través del cubo estriado, de donde saldrá la nueva velocidad que brindará los giros al eje cardan y finalmente a la centrifugadora, tal como se muestra en la Figuras 4, 5 y 6. En el Anexo 6 se muestra mayor detalle de los planos completos.

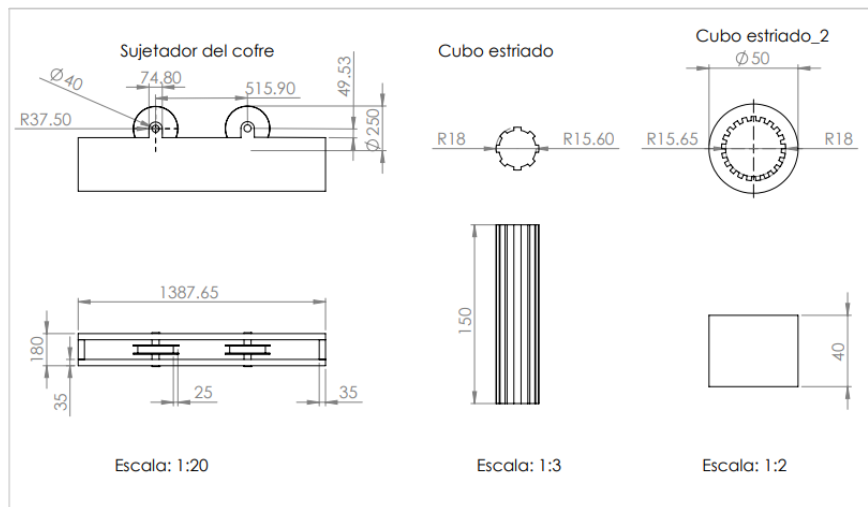
### Figura 4

*Plano completo de la centrifugadora*



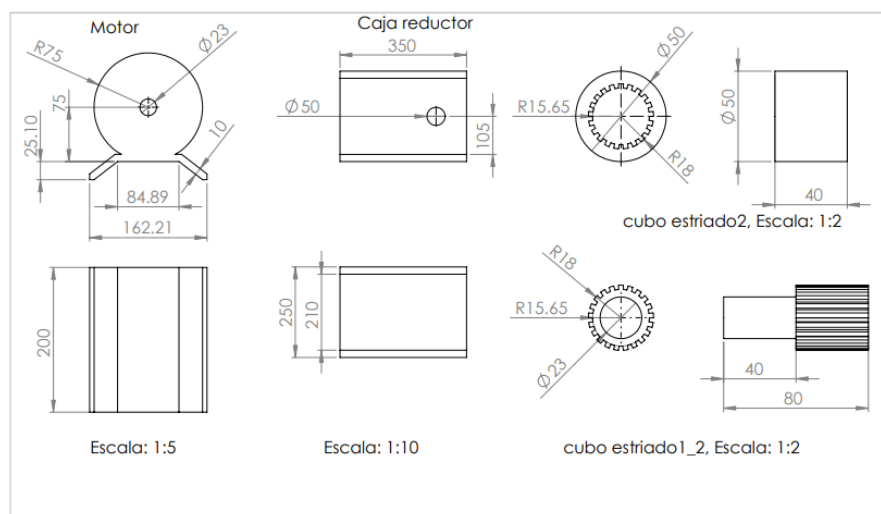
**Figura 5**

*Cubo estriado*



**Figura 6**

*Caja reductora*



#### **4.3.5. Protección y cuidado del motor**

El motor deberá estar protegido contra el polvo y humedad, porque debido a la protección con la que cuenta el motor (IP55) es inevitable la entrada de polvo. Lo cual se puede controlar con normas de orden y limpieza en la zona de trabajo después de cada jornada laboral. A la vez, se debe concientizar al personal a través de capacitaciones, sobre el cuidado que deben tener con los equipos y herramientas de trabajo.

#### **4.4. MANTENIMIENTO**

Para el mantenimiento del motor se deberá contar con las consideraciones generales, específicas y el periodo de mantenimiento.

##### **4.4.1. Consideraciones generales**

- El mantenimiento deberá ser desarrollado por el personal capacitado para dicha actividad (técnico en motores industriales, electricista o similares).
- Como medida de precaución, previa al mantenimiento la alimentación de energía debe estar desactivada, el motor debe estar a temperatura ambiente, se debe señalar la zona donde se está trabajando con señalización visible (vallas, cintas o conos de seguridad), se debe contar con todo el Equipo de Protección Personal (Motovario, 2021).

- Antes del inicio del mantenimiento se debe contar con las herramientas y métodos de trabajo adecuados.
- Luego del mantenimiento, se debe seguir el respectivo procedimiento para el desecho de algún material contaminado o alguna pieza reemplazada, con la finalidad de no contaminar el ambiente con residuos sólidos peligrosos (Tuesta, 2012).

#### **4.4.2. Consideraciones específicas**

- Se debe limpiar el motor y eliminar algún tipo de residuo, no se deben usar disolventes o productos no compatibles con los materiales de fabricación del motor. Se debe inspeccionar el motor, para quitar algún resto de aceite o suciedad que pueda afectar la ventilación y el enfriamiento del motor.
- Se deben verificar las condiciones de los retenes y de los V-ring; se deben verificar las conexiones eléctricas, mecánicas y de los pernos de fijación; se deben controlar las condiciones de los rodamientos prestando atención a ruidos anómalos o vibraciones.

#### **4.4.3. Periodo de mantenimiento**

- El mantenimiento, luego de la instalación del motor de rotación eléctrico, se realizará de manera bimestral.
- El mantenimiento se realizará los días domingos donde no se suele realizar actividades en la empresa. En el caso que no se realice el

mantenimiento el día que corresponda, entonces se realizará al día siguiente.

#### **4.4.4. Mantenimiento preventivo**

Dado que es un motor eléctrico con el que se está trabajando, este cuenta con una mayor vida útil que los motores de combustión dada su resistencia a factores externos; sin embargo, una buena forma de darle mayor vida útil es realizando mantenimientos preventivos periódicos al motor, este incluye acciones como limpieza o lubricación, entre otras acciones que se detallan a continuación (Frieser, 2020; HVH Industrial Solutions LLC, 2022).

**Inspecciones visuales en el motor.** Se debe revisar el motor y sus piezas, inspeccionando la situación en la que se encuentran los rodamientos.

No solo se revisa el motor cuando está apagado; también, se debe encender con el objetivo de hallar alguna vibración o ruido extraño. Una forma de identificar estos desperfectos es encender el motor tanto con las piezas que le corresponde mover, como sin las piezas que debe mover. Para ello, se puede usar algún tipo de instrumento que ayude a identificar la razón de la vibración.

Por otra parte, se busca alguna señal de humo u olor quemado causado por el sobrecalentamiento, entre otros signos.

**Realizar pruebas al bobinado del motor.** Revisar que los rodamientos estén bien engrasados y estos se deben limpiar si acumulan polvo, para que puedan cumplir con su función; cada componente debe estar bien lubricado y dicho lubricante debe ser aplicado en la medida justa. También se debe probar el aislamiento, porque este revela valiosa información sobre el nivel de resistencia. Así mismo, se deben reemplazar si muestran óxido, están dañados por la corrosión, si están desgastados o si se halla algún desperfecto.

**Examinar el sistema de encendido.** Comprobar la funcionalidad del interruptor de arranque, la situación de los fusibles; así como el aseguramiento de alguna conexión suelta, la cual puede mostrar desgaste o contaminación con algún elemento externo.

**Registrar las revisiones.** Es importante llevar un registro mensual del motor, donde se registre la situación del motor y el trabajo realizado; para ello se utilizará un registro digital en una hoja de trabajo de Microsoft Excel. A la vez, se deben recopilar los informes de fallas, supervisar que se realicen las labores de mantenimiento de forma apropiada y por un especialista.

#### 4.5. Factor de seguridad

Dicho factor de seguridad representa el cociente entre la carga de rotura nominal y la carga de trabajo. De acuerdo a la NTP-339-202 el factor de seguridad de los postes producidos en la empresa, debe ser como mínimo 2 salvo excepciones y/o requerimientos del cliente el factor de seguridad será 3; a la vez, cuando sea solicitado se considerará en el diseño del producto una condición de esfuerzo de torsión, adoptándose un factor de seguridad de tres (3).

Cabe resaltar que este factor de seguridad abarca los diferentes procesos, dentro los cuales se encuentra el centrifugado.

#### 4.6. Torque

Con respecto al torque de un motor eléctrico, es desarrollado en la siguiente ecuación:

$$T = \frac{HP \times c}{rpm} = \frac{40 \times 5252}{1700} = 123,58 \text{ lb. ft.} \cong 17,09 \text{ kg. m.} \cong 167.60 \text{ N. m}$$

Donde:

$T = \text{Torque}$

$HP = \text{Potencia} = 40HP$

$c = \text{Constante} \left( \frac{33000}{2\pi} \right) = 5252$

*rpm = revoluciones por minuto = 1700*

El motor eléctrico propuesto, cuenta con un torque aproximado de 167,60 N.m

#### 4.7. Consumo de energía eléctrica

**Tabla 9**

*Consumo de energía eléctrica del motor de centrifugación*

<b>Características</b>	<b>Motor de centrifugadora</b>
Potencia Media (KW)	22,75
Corriente Alterna	75,45
Voltaje	210,51
Factor de Potencia	0,93
Potencia calculada (KW)	25,7
Tiempo de Trabajo por Unidad Producida (min.)	8
Unidades Producidas Año 2020	1000
Energía Activa Consumida por Unidad (KW-h)	3181,53

*Nota.* Información obtenida de la empresa PRETAC S.A.C. (2021).

El resultado de la tabla 9, muestra los datos relacionados directamente con el consumo de energía eléctrica del motor de centrifugación.

#### **4.8. Reducción de costos en el proceso de centrifugado**

La reducción de costos se ha evaluado de manera directa e indirecta, abarcando los diferentes beneficios que trae consigo el cambio de motor.

##### **4.8.1. Beneficios directos**

Se observan cuatro beneficios directamente asociados al cambio del motor: Costo en energía, Mantenimiento Horas hombre, Tiempo de rotación, Nueva tecnología que ahorra en consumo de energía.

###### **– Costo en energía**

Para realizar la evaluación se consideró el costo unitario generado mensualmente, por la máquina de centrifugado con el consumo de combustible del motor en comparación con el consumo de energía eléctrica del nuevo motor. La información del consumo del petróleo fue obtenida gracias al análisis documental revisado las facturas de consumo de combustible de la empresa durante las horas de uso y haciendo un prorrateo de la compra de combustible de la empresa. Con respecto a los costos eléctricos, se tomaron las medidas de consumo eléctrico y los costos de consumo, según los recibos emitidos por la compañía Electrosur. Los costos y datos del consumo energético se muestran en la Tabla 10 y 11.

**Tabla 10**

*Costo promedio de combustible para la producción de un poste*

<b>Característica</b>	<b>Motor de combustión</b>
Número de unidades producidas	1
Tiempo de centrifugado (horas)	0,1583
Consumo en litros	1,2500
Costo de litros de petróleo (promedio 2020)	2,1609
**	**
Costo por unidad producida (soles)	2,7012

*Nota.* Los datos son los resultados obtenidos a través de los promedios de consumo de combustible.

**Tabla 11**

*Costo promedio de electricidad para la producción de un poste*

<b>Característica</b>	<b>Motor de rotación eléctrico</b>
Número de unidades producidas	1
Tiempo de centrifugado (horas)	0,1333
Consumo en KW-h	3,1815
Costo Energía Hora Fuera Punta (S/) 87% de energía	0,2285
Costo Energía Hora Punta (S/) 13% de energía	0,2775
Costo por unidad producida (soles)	0,7472

*Nota.* Los porcentajes establecidos para determinar los costos de energía, están en función del consumo de la empresa, de acuerdo a las facturas eléctricas obtenidas.

Como se observa en la Tabla 10, con el antiguo motor de combustión, el costo generado por el uso de combustible para la producción de un poste tiene un costo de 2,7012 soles. En la Tabla 11, se observa que el nuevo motor eléctrico exige un consumo eléctrico de 0,7472 soles para la producción de un poste. Luego de realizar la comparación, se observa una reducción en el costo de 1,9539 soles.

Esto muestra que la implementación del motor de rotación eléctrico permite reducir los costos de energía, lo cual representa uno de los principales costos en el proceso de centrifugado de postes.

– Mantenimiento Horas hombre

El mantenimiento para el motor de combustión era variable, pues no se realizaba de manera constante o en base a un cronograma; dicho mantenimiento era más correctivo, cuando emitía algún ruido extraño o simplemente dejaba de funcionar por alguna razón (probablemente asociada a la antigüedad del mismo). Dichos mantenimientos variaban en función de las horas que el técnico (mecánico) al que debían contratar realizaba el mantenimiento, dichas horas variaban entre 1 a 4 horas, el costo por hora de cada mantenimiento era de 50 soles, sin contar el traslado del técnico.

A la vez, se sabe que en el año 2020 se reportaron 10 fallas del motor; sin embargo, hubo más fallas que no se reportaron y que los mismos trabajadores buscaron solucionar en el momento.

Con respecto al mantenimiento que se le debe brindar al motor de rotación eléctrico, dada su protección de seguridad del tipo IP55, el motor puede ser revisado cada bimestre de manera periódica para su mantenimiento, desechando algunos eventuales residuos, polvo o algún tipo de líquido almacenado en el interior.

- Tiempo de rotación

Como se pudo observar en la Tabla 10, el tiempo de uso del motor se ha reducido, pasando del motor de combustión (0,1583 horas) al motor de rotación eléctrico (0,1333 horas); es decir, se ha reducido de 9,5 a 8 minutos aproximadamente. Dichos tiempos se han reducido, debido al tiempo que demoraba el motor de combustión para llegar a las RPM óptimas; además, ahora es posible tener un control más estricto de las revoluciones que el motor debe realizar para cumplir con el proceso de centrifugado.

- Nueva tecnología que ahorra en consumo de energía

Por otra parte, con el uso del motor nuevo, el rendimiento sería mayor y reduciendo el consumo de energía, en beneficio de la empresa.

#### **4.8.2. Beneficios Indirectos**

A la vez, la instalación del motor de rotación eléctrico trae consigo una serie de beneficios, que probablemente no incidan directamente en los costos visibles para la empresa, pero que sí es importante tener conocimiento de ellos.

- Eco-amigable, al utilizar energía limpia.

La energía eléctrica utilizada en la Región de Tacna proviene principalmente de centrales hidroeléctricas, lo cual genera una huella de carbono menor a la generada por el combustible.

- Reduce el ruido y contaminación sonora, para los trabajadores y entorno a la fábrica.

Efectivamente, con el uso del motor eléctrico, se dará una reducción del ruido de manera considerable.

- Pérdidas económicas por fallas debido a la antigüedad

El motor de combustión presentaba algunas fallas que detenían los procesos y afectaba la productividad; situación que será remediada por un motor nuevo y con un mejor desenvolvimiento debido al mantenimiento constante que se le brindará.

- Eliminación del humo contaminante en el ambiente

Debido a que no habrá combustión, se eliminará completamente el humo, beneficiando a los operarios que debido a su labor terminaban inhalando parte de dicho humo.

- Optimiza los recursos energéticos

Al uniformizar el consumo de un solo tipo de energía para los procesos de la empresa, no se requerirán incurrir en gastos de transporte, como se hacía con el combustible.

- Reduce las vibraciones del motor que podrían afectar el centrifugado.

Debido a la antigüedad del motor de combustión, hubo ocasiones donde el centrifugado fue más lento de lo necesario o en algunos casos de manera discontinua, lo cual afectaba las vibraciones del molde que contenía al poste.

- Fácil mantenimiento

El mantenimiento del nuevo motor, debido al nivel de protección con el que cuenta, requiere un mantenimiento más superficial que el motor anterior.

## 4.9. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA

### 4.9.1. Costos

En la Tabla 12, se muestran los costos principales de la instalación del motor para el centrifugado, el costo asciende a S/ 11 460.00

**Tabla 12**

*Costos del motor de centrifugado*

Ítems	Costo Unitario	Unidades	Costo Total	Total
<b>Motor eléctrico</b>				<b>6100</b>
Motor 40HP	1490	1	4500	
Cálculos e ingeniería	760	1	760	
Conexión de tablero automatizado a motor	250	1	250	
Montaje del motor	3600	1	3600	
<b>Capacitación</b>				<b>1600</b>
Charla de capacitación para el correcto funcionamiento de la centrifugadora	400	2	800	
Charla de seguridad y mantenimiento del motor	400	2	800	
<b>Pozo a tierra</b>				<b>3660</b>
Pozo a tierra (incluye instalación, excavación relleno y compactado del terreno)	1500	1	1500	
Varilla de cobre de 3/4"	350	2	700	
Cable desnudo de cobre de temple blando	24	30	720	
Caja de equipo potencia 30X30X20 (Metálica con cierre hermético doble barra de cobre)	500	1	500	
Grapa de conexión para puestas a tierra.	80	3	240	
<b>Otros</b>				<b>100</b>
Transporte de materiales	100	1	100	
<b>Total</b>				<b>11460</b>

#### 4.9.2. Indicadores de evaluación económica

En la Tabla 13, se muestra el flujo de caja de acuerdo a los costos y beneficios, en seis periodos de tiempo.

**Tabla 13**

*Flujo de Caja*

Periodos	0	1	2	3	4	5	6
<b>PRODUCCIÓN*</b>	<b>1000</b>	<b>1150</b>	<b>1323</b>	<b>1521</b>	<b>1749</b>	<b>2011</b>	<b>2313</b>
<b>COSTOS**</b>		<b>-1484,74</b>	<b>-1667,53</b>	<b>-1881,28</b>	<b>-2131,49</b>	<b>-2424,69</b>	<b>-2767,61</b>
Costos de mantenimiento (S/) ***		-600	-620	-641	-663	-686	-709
Costo de electricidad por unidad producida (soles) ***		-884,74	-1047,53	-1240,28	-1468,49	-1738,69	-2058,61
Inversión (S/)	-11460						
<b>BENEFICIOS**</b>		<b>4546,99</b>	<b>5231,01</b>	<b>6013,88</b>	<b>6915,37</b>	<b>7951,29</b>	<b>9145,37</b>
Ahorro en costos de energía		2246,99	2585,01	2971,88	3417,37	3929,29	4519,37
Ahorro en costos de horas hombre ****		2300,00	2646,00	3042,00	3498,00	4022,00	4626,00
Flujo de caja	-11460	3062,25	3563,48	4132,60	4783,88	5526,60	6377,76

Nota. \* La empresa considera un crecimiento anual del 15%.

\*\* Basados en la producción de 1 000 postes.

\*\*\* Incrementa en 3,4% debido a la inflación.

\*\*\*\* Se ahorra en 1,5 minutos por poste.

**Tabla 14**

*Indicadores de evaluación financiera*

<b>Indicadores</b>	<b>Resultado</b>
VAN	S/828,64
Tasa de Interés (Rentabilidad de la empresa)	25%
Inversión	S/ 11.460,00
TIR	28%
B/C	1,05
PRI	3,15 periodos

Los detalles de la obtención de estos resultados, se muestran en el Anexo 9. De acuerdo a los resultados de la tabla 14 se obtiene:

- El Valor Actual Neto es positivo (S/828,64), e indica que sí se debería invertir en el nuevo motor eléctrico.
- La Tasa Interna de Retorno (28%) es mayor a la tasa de interés de la empresa (25%); lo cual refiere que los inversionistas (dueños de la empresa) pueden obtener una rentabilidad mayor a la esperada, al realizar esta inversión.
- La ratio Beneficio/Costo (1,05) le da a conocer que, por cada sol invertido, se obtendrá 1,05 soles, con valores actualizados.

- El Periodo de Recuperación de la Inversión es de 3,15 periodos, los cual equivale a 3 años y 2 meses, aproximadamente; periodo en el cual se habrá recuperado la inversión. Es necesario indicar que esta recuperación se basa en el supuesto que la evaluación se realizó bajo una producción de 1 000 postes, lo cual puede afectar la recuperación del capital.

A la vez, el número de postes producidos tiende a ser mayor que la establecida y por lo tanto el proceso de recuperación del capital será en un menor tiempo. Dado el porcentaje de la tasa de interés (del 25%) si se considera una tasa menor, los periodos de recuperación también se reducirían.

#### **4.10. REDUCCIÓN DE TIEMPOS EN EL PROCESO DE CENTRIFUGADO**

Con la implementación del nuevo motor, no solo se reducirá en 1,5 minutos el proceso de centrifugado, a la vez se reducirán los costos asociados a las horas hombre que se requerían para el manejo del motor anterior; también se eliminará la necesidad de transportar el petróleo requerido para el motor y el abastecimiento previo que debía realizarse; se evitará el sobre calentamiento del motor que debido al uso constante podía sufrir cada cierto tiempo, lo cual obligaba a los colaboradores a esperar que se enfríe el motor en algunos ocasiones; así como el calor que producía,

que ponía en riesgo y afectaba las labores de los colaboradores que estaban cerca.

#### **4.11. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS**

A través de las diferencias halladas se comprueban las hipótesis planteadas, concernientes a la mejora del proceso de centrifugado en la fabricación de postes y el empleo de criterios mecánicos del motor de rotación; lo cual configura la presente propuesta de mejoramiento del proceso de centrifugado con el uso de un motor de rotación eléctrico en el proceso de centrifugado en la fabricación de postes, para la empresa PRETAC SAC, 2021.

##### ***4.11.1. Contraste de las hipótesis específicas***

Primera hipótesis planteada: El uso de un motor de rotación eléctrico permite mejorar el proceso de centrifugado en la fabricación de postes, propuesto para la empresa PRETAC SAC, 2021.

Para el contraste de esta hipótesis se realizó una comparación entre el tiempo de centrifugado, antes y después de la implementación del motor de rotación eléctrico. Se escogió el tiempo como factor principal en el proceso de centrifugado, porque

los cambios en este factor generan cambios importantes en el proceso de centrifugado, afectando directamente el producto final.

Para el contraste se consideraron los siguientes pasos:

- Recojo de los datos: Con ayuda de una hoja de codificación se tomó control del tiempo de centrifugado antes y después de la implementación del motor de rotación eléctrico, en la elaboración de 10 postes. Estos datos se muestran en la siguiente Tabla.

**Tabla 15**

*Tiempo de centrifugado antes y después de la implementación*

<b>N°</b>	<b>Tiempo de centrifugado anterior</b>	<b>Tiempo de centrifugado posterior</b>
1	10	8,2
2	9	8,3
3	9,3	7,1
4	9,3	9,1
5	9,6	7,1
6	9,6	8,6
7	9,5	8,6
8	9,8	7,4
9	9,7	8,5
10	9,2	7,4

- Prueba estadística: La prueba estadística conveniente en este caso, es la prueba T-Student para muestras relacionadas, siempre que se cumpla con el criterio de normalidad de los datos; en el caso que no se cumpla con el criterio de normalidad de los datos, se debe usar el estadístico no paramétrico Rangos con Signo de Wilcoxon.

**Tabla 16**

*Pruebas de normalidad*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico			Estadístico		
	o	gl	Sig.	o	gl	Sig.
Tiempo de centrifugado anterior	0,146	10	,200*	0,983	10	0,978
Tiempo de centrifugado posterior	0,210	10	,200*	0,894	10	0,189

*Nota.* Dado el número de datos (10) al ser menor a 50, se debe usar la prueba de Shapiro-Wilk.

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

El estadístico Shapiro-Wilk da como resultado p-valor de Tiempo de centrifugado anterior es de 0,978 ( $p \geq 0,05$ ) y p-valor de Tiempo de centrifugado posterior es de 0,189 ( $p$

$\geq 0,05$ ) esto muestra que los datos cuentan con distribución normal. Por lo tanto, se usará el estadístico paramétrico T-Student para muestras relacionadas.

- Nivel de significancia establecido para la prueba ( $\alpha$ ): 0,05.
- Lectura del P-valor: si ( $p \geq 0.05$ )  $\rightarrow$  Significa que no existen diferencias significativas y si ( $p < 0,05$ )  $\rightarrow$  significa que existen diferencias significativas.
- Resultado de la prueba

**Tabla 17**

*Prueba de muestras emparejadas*

Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	IC de 95% para la diferencia_μ (0.911; 2.029)	Valor T	Valor p
1.470	0.782	0.247		5.95	0.000

- Decisión: Los resultados de la Tabla 17, dan como resultado que el p-valor (0,000) es menor que el nivel de significancia (0,05), se concluye con un nivel de confianza del 95% que existen diferencias significativas entre el tiempo de centrifugado anterior y posterior; lo cual significa que, el uso de un motor de rotación eléctrico permite mejorar el proceso

de centrifugado en la fabricación de postes, propuesto para la empresa PRETAC SAC, 2021.

-

Segunda hipótesis planteada: Los criterios mecánicos del motor de rotación permiten mejorar el proceso de centrifugado en la fabricación de postes, propuesto para la empresa PRETAC SAC, 2021.

Para el contraste de esta hipótesis se realizó una comparación entre el costo energético antes y después de la implementación del motor de rotación eléctrico. Se escogió el costo energético, porque este criterio es fundamental y afecta directamente al costo de producción.

Para el contraste se consideraron los siguientes pasos:

- Recojo de los datos: A través de la hoja de codificación se tomó nota sobre los costos energéticos antes y después de la implementación del motor de rotación eléctrico, en la elaboración de 10 postes. Estos datos se muestran en la Tabla 18.

**Tabla 18**

*Costo energético de centrifugado antes y después de la implementación*

<b>N°</b>	<b>Costo energético de centrifugado anterior</b>	<b>Costo energético de centrifugado posterior</b>
1	2,6986	0,7215
2	2,6898	0,7524
3	2,6959	0,7822
4	2,6872	0,7496
5	2,6876	0,7439
6	2,7147	0,7599
7	2,7086	0,7622
8	2,6964	0,7241
9	2,7197	0,7272
10	2,7135	0,7485

- Prueba estadística: La prueba estadística conveniente en este caso, es la prueba T-Student para muestras relacionadas, siempre que se cumpla con el criterio de normalidad de los datos; en el caso que no se cumpla con el criterio de normalidad de los datos, se debe usar el estadístico no paramétrico Rangos con Signo de Wilcoxon.

**Tabla 19**

*Pruebas de normalidad*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Costo energético de centrifugado anterior	0,186	10	,200*	0,905	10	0,247
Costo energético de centrifugado posterior	0,153	10	,200*	0,946	10	0,622

*Nota.* Dado el número de datos (10) al ser menor a 50, se debe usar la prueba de Shapiro-Wilk.

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

El estadístico Shapiro-Wilk da como resultado p-valor de Tiempo de centrifugado anterior es de 0,247 ( $p \geq 0,05$ ) y p-valor de Tiempo de centrifugado posterior es de 0,622 ( $p \geq 0,05$ ) esto muestra que los datos cuentan con distribución normal. Por lo tanto, se usará el estadístico paramétrico T-Student para muestras relacionadas.

- Nivel de significancia establecido para la prueba ( $\alpha$ ): 0,05.
- Lectura del P-valor: si ( $p \geq 0,05$ ) → Significa que no existen diferencias significativas y si ( $p < 0,05$ ) → significa que existen diferencias significativas.
- Resultado de la prueba

**Tabla 20**

*Prueba de muestras emparejadas*

Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	IC de 95% para la diferencia $\mu$	Valor T	Valor p
1.954	0.023	0.007	(1,938; 1,971)	267,435	0.000

Decisión: Los resultados de la Tabla 20, dan como resultado que el p-valor (0,000) es menor que el nivel de significancia (0,05), se concluye con un nivel de confianza del 95% que existen diferencias significativas entre los Costos de centrifugado anterior y posterior; lo cual significa que, los criterios mecánicos del motor de rotación permiten mejorar el proceso de centrifugado en la fabricación de postes, propuesto para la empresa PRETAC SAC, 2021.

#### **4.11.2. Contraste de la hipótesis general**

Al corroborar la primera y segunda hipótesis específicas, de manera consecuente corrobora la hipótesis general; es decir, un motor de rotación eléctrico permite mejorar el proceso de centrifugado en la fabricación de postes para la empresa PRETAC SAC, 2021.

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **– CONTEXTO**

Así como la Empresa PRETAC existen aún muchas empresas en Tacna, que mantienen procesos anticuados y con un bajo uso de la tecnología, lo cual no les permite ser eficientes y competitivas en el mercado de la construcción, dicha situación, es similar en el desarrollo industrial de otros sectores económicos.

Sin embargo, esta situación puede mejorar si interviniera el gobierno a través de capacitaciones a las empresas; con la finalidad que entiendan los beneficios de invertir en I+D+i lo cual incluye el uso de tecnología para la mejora de los procesos; de esta manera, los negocios confiarían más en invertir en soluciones eficientes a sus problemas, a través de la asesoría profesional.

Por otro lado, las instituciones educativas superiores (universitarias y no universitarias) deben colaborar más con el sector industrial de Tacna y acercarse más a ellos, para formar a sus egresados en función de las necesidades de las empresas tacneñas.

Así mismo, se observa que muchos de los egresados salen de la provincia para trabajar para una empresa minera o una empresa grande, pero, los que no salen de la provincia o no logran ingresar a estas empresas, no encuentran una empresa donde laborar y terminan haciendo otro tipo de actividades, para las que no estudiaron.

- Proceso de centrifugado en la fabricación de postes

El centrifugado es un proceso imprescindible para la elaboración de postes y las ganancias de la empresa dependen directamente de la estructura de los costos, dentro de su producción. Dentro de este proceso, el motor que permite la rotación del molde que contiene la armadura de acero y la mezcla de concreto, juega un papel muy importante; el motor debe permitir ahorrar energía y que el consumo sea eficiente. Así mismo, los costos de fabricación deben ser estructurados de manera cuidadosa, pues una variación en los insumos o el consumo de energía, podría afectar en los costos de la empresa debido a la cantidad que producen.

- Cuestiones técnicas del motor

Entre los diferentes motores que hay en el mercado, el de uso comercial y de mayor reconocimiento fue el de la Marca DELCROSA; dicho motor cuenta con 40HP, brinda 1700 RPM y cuenta con una Protección: IP 55; lo cual hará más eficiente el proceso, se estandarizarán los tiempos y

facilitará el trabajo de los operarios. Añadido a esto, se establece un número de revoluciones más precisas y un proceso más claro en el control de los tiempos, para su ejecución.

Con la propuesta del motor de rotación eléctrica, no habrá pérdidas de tiempo al repostar el combustible y paradas inesperadas, se reducirán los costos de consumo energético y de mano de obra. A la vez, se contará con un tablero automatizado para el debido control del motor; a la vez, no se generarán picos de corriente que podrían afectar el sistema eléctrico.

Sin embargo, también es importante destacar que a pesar de las propuestas de mejora o cambios que se plantean en la industria, siempre existe la limitación presupuestaria y otras variables que no permiten realizar cambios significativos. A pesar de la propuesta, muchas empresas para reducir sus costos optan por hacer las cosas a su manera, dejando de lado las especificaciones técnicas. Es en este caso que la empresa adquirió un motor de segundo uso para el centrifugado; el cual es funcional, pero se desconoce el estado interno y la forma que era utilizado, corriendo el riesgo de dañarse en cualquier momento; a la vez, dicho motor no cuenta con un tablero automatizado.

– Perspectiva del investigador

Llama la atención como es que las personas que tiene un emprendimiento se las ingenian para adecuarse a los estándares en el diseño y fabricación de productos, en este caso, los postes de concreto armado; inicialmente se trabajó con un motor de camioneta antiguo que fue adaptado para realizar el proceso de centrifugado. Sin embargo, la empresa requiere ser más precisa en sus procedimientos, es en ese sentido que la empresa invierte en un personal calificado que le ayude a mejorar este proceso y a la vez reducir los costos en el mediano plazo. Pero que, al momento de plantear la propuesta, esta solo es aceptada, más no aplicada en la práctica por razones vinculadas al comportamiento organizacional de la empresa.

Como ingeniero mecánico, no siempre se tiene que crear algo desde cero, el objetivo y razón de ser de nuestra profesión es brindar una solución oportuna y eficiente, en función de los recursos con los que cuenta la empresa. Es en ese sentido que se optó por la adquisición del motor de rotación eléctrico. A pesar que el objetivo principal fue reducir los costos, centrarse solo en los costos sería una visión cerrada, a pesar de ser lo más relevante para la empresa; es por ello que, se adhieren más beneficios en la propuesta, los cuales también se consideran relevantes.

## CONCLUSIONES

### Primera

A través de la propuesta, luego de las evaluaciones respectivas se logró establecer que, si es posible mejorar el proceso de centrifugado en la fabricación de postes, reemplazando un motor de combustión interna por un motor de rotación eléctrico para la empresa PRETAC SAC, 2021. Esto es demostrado porque el antiguo motor de combustión generaba un costo de 2,7012 soles para la producción de un poste; mientras que el nuevo motor eléctrico genera un costo de 0,7472 soles para la producción de un poste, al realizar la comparación, se observa una reducción en el costo equivalente a 1,9539 soles.

### Segunda

Los costos asociados a la instalación del motor para el centrifugado ascienden a S/ 11460; de acuerdo al VAN (S/828,64), TIR (28%), B/C (1,05), PRI (3 años y 2 meses) realizar la inversión es conveniente para la empresa; siendo el periodo de evaluación 6 años, el periodo de recuperación es el máximo en el peor escenario, es decir, que se obtendrán mejores resultados. El motor brindará beneficios directos e indirectos;

dentro de los directos, permitirá reducir el costo y el tiempo de centrifugado, el costo en horas hombre dirigidas al mantenimiento, tiempo de rotación, nueva tecnología que ahorra en consumo de energía; dentro de los beneficios indirectos, es eco-amigable al utilizar energía limpia, se reduce el ruido y contaminación sonora, para los trabajadores y entorno a la fábrica, pérdidas económicas por fallas debido a la antigüedad, eliminación del humo contaminante en el ambiente, optimiza los recursos energéticos, reduce las vibraciones del motor que podrían afectar el centrifugado, fácil mantenimiento.

### Tercera

Luego de evaluar 4 modelos de motor, se concluyó que el motor adecuado a las características del proceso y a los requisitos de la empresa es de la marca DELCROSA, con una potencia de 40HP y 1700 RPM; el torque hallado es de 167,60 N.m. y la Frecuencia Nominal es de 60 Hz; dicho motor es de inducción trifásico de jaula de ardilla totalmente cerrada y enfriada por ventilador (TEFC). Cuenta con una protección del tipo IP55 que significa que cuenta con una protección contra el polvo, esta no puede evitarse y además no debe entrar en una cantidad que no interfiera con el

funcionamiento del motor. Dicho motor debe contar con un tablero automatizado, una caja reductora y eje cardan.

## **RECOMENDACIONES**

### Primera

Se recomienda a la empresa PRETAC S.A.C. revisar lo indicado en la propuesta y ponerla en práctica, en vista de los diferentes beneficios asociados a la propuesta. Dicha propuesta, cuenta con la información del proceso de centrifugado de la empresa y, por lo tanto, no requiere hacer algún tipo de diagnóstico previo. En el caso de una consulta, pueden contactarse con el autor de la presente investigación.

### Segunda

Se recomienda a las empresas del rubro de la construcción, consultar con personal especializado que les permita incluir tecnología en sus procesos; así como, innovaciones pertinentes, lo cual les permitirá ser más competitivos en el sector donde se desempeñan, a nivel regional. A la vez, deben apostar por estandarizar sus procesos antes que lo soliciten los clientes, con la finalidad de estar preparados (ser proactivos) ante los requerimientos de los clientes y no esperar hacer las mejoras a última hora.

### Tercera

A la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, se le recomienda solicitar a las empresas de la localidad un acercamiento, a través de reuniones, para poder comprender cuáles son las necesidades de las empresas y hacer partícipes a los estudiantes para que ya tengan una noción de lo que pueden aportar a las empresas, así como poder reconocer qué conocimientos se deben tener para solucionar los problemas de estas empresas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACE Project. (2021). *Verificación, Prueba y Mantenimiento de los Equipos*. <https://aceproject.org/main/espanol/et/ete05a.htm>
- Aguilar, B. J. (2012). *Evaluación técnica de equipos en proyectos de ingeniería*. [Tesis Pregrado]. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Barturén, R. (2018). *Evaluación técnica y económica para la renovación de maquinaria pesada de la Gerencia Regional de Agricultura—Lambayeque*. [Tesis Pregrado]. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Caba, N., Chamorro, O., & Fontalvo, T. J. (2011). *Gestión de la Producción y Operaciones* (Segunda Ed). Corporación para la Gestión del Conocimiento Asesores del 2000.
- Carossio, C. O. (2015). *Proyecto de Inversión: Fábrica de Postes de Hormigón*. [Tesis Pregrado]. Universidad Nacional de Córdoba.
- Castañeda, J. G. (1998). *Estudio de máquinas eléctricas para el ingeniero en electrónica*. [Tesis Pregrado]. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Chucuya, P. A. (2018). *Diseño de un sistema de molienda de maíz para la empresa «El Gran Pollón» Tacna*. [Tesis Pregrado]. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

- De Jorge, E. M. (1931). Caños y Postes de Hormigón Centrifugado.  
*Revista de la Universidad Nacional de Córdoba*, 18(9-10).
- DELCROSA. (2019). *Motor Eléctrico de Uso General SERIE - YD*.  
<http://motorsmark.com/wp-content/uploads/2019/10/FICHA-DELCROSA.pdf>
- Elizondo-Valverde, G. O. (2013). *Resistencia vs. Relación A/C del concreto a tres edades y con dos tipos de cemento (UG y MP-AR)*.
- Flores, J. C. (2012). *Sistemas de transmisión mecánica*. Universidad Mayor de San Andrés.
- Fraile, J. (2008). *Máquinas eléctricas* (Sexta Edic). McGraw-Hill.
- Frieser, A. (2020, diciembre 16). *Motores eléctricos: Claves para un correcto mantenimiento*. DataScope.  
<https://datascope.io/es/blog/motores-electricos-claves-para-un-correcto-mantenimiento/>
- Gárate, F. de M. (2017). *Reordenamiento de la distribución de planta mediante el modelo carga–distancia de la Empresa Concretos Arteaga Cusco, 2016-2017*. [Tesis Pregrado]. Universidad Andina del Cusco.
- Gutiérrez, H. (2010). *Calidad total y productividad*. McGraw Hill.
- Hernández, N. (2015). *Propuesta de mejora de la producción para la empresa «Tubos y postes Chiclayo S.R.L.» aplicando la teoría de*

*restricciones*. [Tesis Pregrado]. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Huarecallo, A. S. (2019). *Optimización del proceso de recuperación de oro con un concentrador centrífugo para la pequeña minería aurífera*. [Tesis Pregrado]. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

HVH Industrial Solutions LLC. (2022). *Tipos de Estrategias de Mantenimiento del Motor Eléctrico*.

<https://hvhindustrial.com/es/blog/Electric-Motor-Tipos-de-mantenimiento>

Kotler, P., & Keller, K. L. (2012). *Dirección de Marketing* (Decimocuar). Pearson Education.

Malhotra, N. K. (2008). *Investigación de mercados: Un enfoque aplicado*. Pearson Educación.

Mayorga, C., Ruiz, M., Mantilla, L., & Moyolema, M. (2015). Los procesos de producción y la productividad en la industria de calzado ecuatoriana: Caso empresa Mabelyz. *ECA Sinergia*, 6(2), 88-100.

Ministerio de Educación Cultura y Deporte de España. (2019). *Montar y mantener maquinaria y equipo mecánico*.

Normas DGE: Especificaciones técnicas para el suministro de materiales y equipos de redes secundarias para electrificación rural, (2003).

<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/electricidad/legislacion/rd025-2003-EM-DGE.pdf>

Mochón, F. (2006). *Principios de economía* (Tercera Ed). McGraw-Hill.

Moreno, J. O. (2017). *Fundamentos de la producción* (Primera Ed). Fondo Editorial Areandino.

Motovario. (2021). *Instrucciones de instalación, uso y mantenimiento de motores eléctricos*. <https://my.motovario.com/file.php?s=4o9x>

ANEXO 5 SOBRE EL ETIQUETADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

PARA MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS ASÍNCRONOS O DE INDUCCIÓN CON ROTOR DE JAULA DE ARDILLA, (2008).

[http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/AnexosRegTecnicoEtiquetado/D5\\_-%20ANEXO%205%20Motores.pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/AnexosRegTecnicoEtiquetado/D5_-%20ANEXO%205%20Motores.pdf)

Ñaupas, H., Valdivia, M. R., Palacios, J. J., & Romero, H. E. (2019).

*Metodología de la Investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Ediciones de la U.

Parkin, M. (2009). *La clasificación de los factores de producción fue retomada* (Octava Edi). Pearson Education.

Pino, H. A. (2016). *Implementación de una fábrica de postes de hormigón armado basada en la creación de valores*. [Tesis Pregrado].

Universidad de Cuenca.

- Prado, J. R. (1993). *La planeación y el control de la producción*. S.A., Amacalli Editores.
- Quispe, L. B. (2017). *Optimización técnica del sistema mecánico de agitación de la salmuera en el procesamiento de la aceituna*. [Tesis Pregrado]. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Ríos, C. M. (2019). *Evaluación técnico–económica para el mejoramiento del proceso de fabricación de postes de concreto armado centrifugado–media tensión de la Fábrica Tubos y Postes Chiclayo SRL*. [Tesis Pregrado]. Pedro Ruiz Gallo.
- Rosas, L. M. (2015). *Propuesta de mejora del sistema de gestión de mantenimiento para reducir sobrecostos en la Empresa Postes del Norte S.A.* [Tesis Pregrado]. Universidad Privada del Norte.
- Rovira, A., & Muñoz, M. (2015). *Motores de combustión interna* (Primera Ed). Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Soriano, A. M. (2015). *Diseño y validación de instrumentos de medición*.
- Tuesta, Y. (2012). *Guía metodológica para el desarrollo del programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos*.
- [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/A4E9A3467B6B7DF605257AD700692CC8/\\$FILE/CD0000167.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/A4E9A3467B6B7DF605257AD700692CC8/$FILE/CD0000167.pdf)

- Vara, A. (2010). *7 pasos para una tesis exitosa* (Segunda). Universidad San Martín de Porres.
- Veintimilla, D. P. (2013). *Adaptación de un motor Subaru Piso-4 y transmisión para visualizar los diferentes sistemas con fines didácticos*. [Tesis de Grado]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Ventos. (2021, marzo 6). *Especificaciones y revisión, datos de servicio Nissan TD27*. <https://www.ventos.site/como/especificaciones-del-motor-toyota-3l-hilux/>
- Vilcarromero, R. (2017). *La Gestión en la producción* (Segunda Ed). Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso.
- Villablanca, G. A. (2015). *Estudio de factibilidad para incrementar la capacidad instalada de una fábrica de postes de hormigón: Aplicación al ELECDOR S.A. Planta de Quito*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Villavicencio, J. M. (2014). *Proyecto de inversión para la implementación de una planta de fabricación de postes de hormigón armado para sistemas de distribución eléctrica*. [Trabajo Titulación]. Universidad Politécnica Salesiana.

# **Anexos**

## Anexo 1. Matriz de consistencia

**TÍTULO:** Propuesta para mejorar el proceso de centrifugado en la fabricación de postes utilizando un motor de rotación eléctrico para la empresa PRETAC SAC, 2021.

Problema Principal	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Dimensiones	Indicadores
¿La propuesta mejorará el proceso de centrifugado en la fabricación de postes utilizando un motor de rotación eléctrico para la empresa PRETAC SAC, 2021?	Proponer el mejoramiento del proceso de centrifugado en la fabricación de postes utilizando un motor de rotación eléctrico para la empresa PRETAC SAC, 2021.	Propuesta para mejorar el proceso de centrifugado en la fabricación de postes utilizando un motor de rotación eléctrico para la empresa PRETAC SAC, 2021.	Variable Independiente:	Mantenimiento.	Días.
Problemas Específicos ¿la utilización de un motor de rotación eléctrico permitirá mejorar el proceso de centrifugado en la fabricación de postes, propuesto para la empresa PRETAC SAC, 2021?	Objetivos Específicos Utilizar un motor de rotación eléctrico para mejorar el proceso de centrifugado en la fabricación de postes, propuesto para la empresa PRETAC SAC, 2021.	Hipótesis Especificas El uso de un motor de rotación eléctrico permite mejorar el proceso de centrifugado en la fabricación de postes, propuesto para la empresa PRETAC SAC, 2021.	Empleo de criterios mecánicos.	Factor de seguridad.	Porcentaje.
¿El empleo de criterios mecánicos del motor de rotación permitirá mejorar el proceso de centrifugado en la fabricación de postes, propuesto para la empresa PRETAC SAC, 2021?	Objetivos Específicos Emplear criterios mecánicos del motor de rotación para mejorar el proceso de centrifugado en la fabricación de postes, propuesto para la empresa PRETAC SAC, 2021.	Hipótesis Especificas Los criterios mecánicos del motor de rotación permiten mejorar el proceso de centrifugado en la fabricación de postes, propuesto para la empresa PRETAC SAC, 2021.	Variable Independiente:	Torque.	Sistema de transmisión de potencia.
			Uso de un motor de rotación electrónico.	Consumo de energía eléctrica.	Costo de Mantenimiento.
			Variable Dependiente:	Mantenimiento.	Periodo de Mantenimiento.
			Mejoramiento del proceso de centrifugado para la fabricación de postes.	Eficiencia.	Reducción de costos en el proceso de centrifugado.
				Eficacia.	Reducción de tiempos en el proceso de centrifugado.

## Anexo 2. Fotos de los postes



*Figura 7.* Construcción de armadura de acero de los postes.



*Figura 8.* Traslado de los moldes y lubricación.



*Figura 9.* Instalación de la armadura de los postes en el molde.



*Figura 10.* Traslado de las tapas de los moldes.



*Figura 11.* Soporte de los moldes.



*Figura 12.* Traslado del poste.



*Figura 13.* Resanado y fraguado de los postes.



*Figura 14.* Secado de los Postes – 1.



Figura 15. Secado de los Postes - 2



Figura 16. Postes culminados y listos para entregar.

### Anexo 3. Descripción de algunos modelos

#### Modelo W22 de la Marca ALFA



WEG

#### Motor Trifásico W22 Carcasa Hierro Fundido

Modelo W22 | Eficiencia IE1, IE2 | Tensión 220,380,440V, 60 Hz | 1200,1800, 3600rpm | Protección IP55 | potencias desde 0,5Hp hasta 600Hp

##### Especificaciones

Nº Polos:	8
Eficiencia:	IE2
Potencia:	40HP
Frame:	364/5T
Carcasa:	Hierro fundido
Fases:	Trifásico

- 1 + Cotizar



## 1. Versiones disponibles

Los motores W22 NEMA están disponibles en tres versiones: W22 Alta eficiencia, NEMA Eficiencia Superior y Súper Eficiencia superior. Estas versiones están de acuerdo con las tablas 12-11 y 12-12 de NEMA MG-1.

## 2. Estándares

Los motores W22 cumplen con los requisitos y regulaciones de la última versión de las siguientes Normas:

CSA C22.2 No. 100-04	Motores y Generadores
CSA C390	Métodos de prueba, requisitos de marcado y energía Niveles de eficiencia para motores de inducción trifásicos
IEEE STD 112	Procedimiento de prueba estándar IEEE para inducción polifásica Motores y Generadores
NEMA MG-1	Motores y Generadores
UL 1004-1	Máquinas Eléctricas Rotativas - Requisitos Generales



Figure 16 - Nameplate position of W22 motors.

2	PH 3 HP(kW) 100(7.5) FRAME 213/51 RPM 1760
3	V 208-230/460 11 Hz 60 17 SF 1.25 NEMA NOM. EFF. 91.7
14	A 24.8/12.4/7.8 INCL. I/F/A/180 W 9 P.F. 0.83 DUTY 4 CONT.
26	SFA 31/15.5 A ENCL. TEFC IP 55 16 AMB. 40°C ALT. 1000 m.o.s.l.
30	50Hz 1 OHP 380V 15.0A 1445 RPM SF 1.0 CODE H DES B
RUN CONNECTION 31	
23	MOBIL POLYREX EM
28	USABLE AT 208V/27.4A FOR USE ON VPWM VFD 1000-1VT, 20-1CT, 1.0SF, 1.5
1	Class I, Div. 2, Gr. A, B, C & D - T3 Class I, Zone 2, IC - T3 Class II, Div. 2, Gr. F and G - T4

Figure 17 - Nameplate layout for frames 143T to 215T

2	PH 3 HP(kW) 75(55) -- 12 FRAME 364/51-6
3	V 208-230/460-3 Hz 60-11
14	A 186-168/84.1-14 26 SF 1.25-17
26	RPM 1775 SFA 210/105 A INS. CL. F Δ 180
30	NEMA NOM. EFF. 95.4-5% P.F. 0.86-15
23	CODE G-2 DES B AMB. 40°C-16 DUTY 4-CONT. 19
28	ENCL. TEFC-7 10 IP 55-31 WEIGHT 925 Lbs
30	USABLE AT 208V 186 A 50Hz 75HP 380V 103A 1465 RPM SF 1.0 ALT. 1000 m.o.s.l.

Figure 18 - Nameplate layout for frames 254T to 588/9T

- |  |  |
|--|--|
| 1 - Código de motor                      | 18 - Altitud   |
| 2 - Trifásico                            | 19 - Peso del motor  |
| 3 - Tensión nominal de funcionamiento    | 20 - Especificación del cojinete del lado de transmisión y cantidad de grasa |
| 4 - Deber de servicio                    | 21 - Especificación del cojinete del lado no impulsor y cantidad de grasa    |
| 5 - Eficiencia                           | 22 - Tipo de grasa para rodamientos  |
| 6 - Tamaño del cuadro                    | 23 - Esquema de conexiones   |
| 7 - Recinto                              | 24 - Intervalos de re-lubricación en horas                                   |
| 8 - Clase de aislamiento                 | 25 - Etiquetas de certificación*   |
| 9 - Aumento de temperatura               | 26 - Factor de servicio actual   |
| 10 - Diseño                              | 27 - Letras de código NEMA para rotor bloqueado kVA                          |
| 11 - Frecuencia                          | 28 - Corriente a 208 V   |
| 12 - Potencia nominal del motor          | 29 - Modelo  |
| 13 - Velocidad a plena carga (rpm)       | 30 - Reducción de potencia 50 Hz   |
| 14 - Corriente nominal de funcionamiento | 31 - Grado de protección   |
| 15 - Factor de potencia                  | 32 - Suministro de variador de frecuencia                                    |
| 16 - Temperatura ambiente                |  |
| 17 - Factor de servicio                  |  |

Nota: \*La marca CE estará disponible en la placa de identificación si la frecuencia del motor debe ser de 50 Hz o 50/60 Hz.

Estructura	Nivel de presión sonora - dB(A)			
	2 Polos	4 Polos	6 Polos	8 Polos
143/5T	68	51	49	47
182/4T	69	58	52	50
213/5T	72	61	55	52
254/6T	72	64	59	54
284/6T	72	64	59	54
324/6T	76/ 74*	68/ 66*	62	56
364/5T	80/ 79*	70/ 67*	64	60
404/5T	80/ 79*	70/ 68*	64	60
444/5T	81	73	69	63
L447/9T	82	79	71	64
504/5T	81	75	70	64
586/7T	84	81/ 78*	77	75
588/9T	89	81	77	75

\* Aplicable a motores NEMA Eficiencia Superior y Super Eficiencia Superior.

Tabla 3 - Niveles de presión sonora para motores de 60 Hz.

Los valores de nivel de ruido que se muestran en la tabla 3 se toman sin carga.

Bajo carga, la NEMA MG-1 Parte 9 prevé un aumento de la niveles de presión sonora como se muestra en la tabla 4.

Potencia Nominal, HP	2 Polos	4 Polos	6 Polos	8 Polos
$1.0 < HP \leq 15$	2	5	7	8
$15 \leq HP \leq 50$	2	4	6	7
$50 \leq HP \leq 150$	2	3	5	6
$150 \leq HP \leq 500$	2	3	4	6

Tabla 4 - Incremento máximo esperado del nivel de presión sonora para motores cargados.

El nivel de ruido global se puede reducir hasta 2 dB (A) con el instalación de una cubierta de goteo.

### 5.2.1 Cargas admisibles

Las cargas permitidas están de acuerdo con NEMA MG-1 (Tabla 14-1A), como se muestra en la tabla 5.

Carga del eje para motores horizontales de inducción de AC con rodamientos de bolas Carga radial máxima en voladizo, en libras, en el centro de la dimensión N-W				
Tamaño del marco	2 Polos	4 Polos	6 Polos	8 Polos

143T	106	154	179	192
145T	109	154	176	196
182T	180	227	260	287
184T	180	227	260	289
213T	230	300	350	380
215T	230	300	350	380
254T	470	593	703	774
256T	470	589	705	776
284T	570	735	838	929
286T	570	735	838	929
324T	660	860	990	1100
326T	660	850	980	1090
364T	820	1080	1240	1390
365T	820	1080	1240	1370
404T	-	1270	1450	1600
405T	-	1290	1480	1630
444T	-	1560	1760	1970
445T	-	1520	1760	1970
447T	-	1450	1660	1880
449T	-	1490	1660	1880

Tabla 5 - Cargas admisibles para motores NEMA.

- 1 - Se considera que todas las cargas de la correa actúan en dirección vertical hacia abajo.
- 2 - Las cargas radiales incluyen la tensión de la correa y el peso de la polea.
- 3 - Para carga al final del eje restar 15%.
- 4 - El límite de carga radial radial se basa en la vida útil L-10 de 26 280 horas.
- 5 - Los límites de carga radial no incluyen ningún efecto de atracción magnética desequilibrada

Modelo IEC60034 de la Marca ALFA



US MOTORS - NIDEC

### Motor Trifásico IEC Carcasa Hierro Fundido

IEC 60034, 60038, 60072 | Eficiencia IE2 | Desde 1HP hasta 430HP | 2, 4 y 6 polos | 60 Hz | 220v - 380v - 440v | Protección IP55

**Especificaciones**

Nº Polos:

Eficiencia:

Potencia (HP):

Frame:

Carcasa:

Fases:

- 1 + Cotizar

¿Desea hacer una consulta sobre este producto?

#### APLICACIONES:

Para ambientes de servicio severo que se encuentran en las industrias de pulpa y papel, madera, agregados, minería, química y otras

#### CARACTERÍSTICAS:

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumple totalmente con los estándares de eficiencia IEC 60034, 60038, 60072 e IE2</li> <li>• Temperatura ambiente de 40 °C, servicio continuo</li> <li>• Altitud 1000 m</li> <li>• Cojinetes sellados del mismo tamaño en ambos extremos Estructura 80 a 160</li> <li>• Cojinetes re-engrasables del mismo tamaño en ambos extremos Bastidor 180 a 355</li> <li>• Tipo de grasa Polyrex-EM</li> <li>• Molienda resistente a la corrosión y pintura para servicio químico RAL 7024 Gris</li> <li>• VPI, sistema de aislamiento Clase F, aumento de 80 K a plena carga en energía de onda sinusoidal</li> <li>• Placa de identificación de acero inoxidable y herrajes enchapados en zinc</li> <li>• Anillo de sello del eje para protección IP55</li> <li>• Levantamiento de provisiones</li> <li>• Solo montaje F1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frecuencia 60 HZ</li> <li>• 220v / 380v / 440v ± 10% 60 Hz Desde 0,75 kW y hasta 200 kW (Estructura 355)</li> <li>• Apto para arranque DOL 380V Hasta 200 kW</li> <li>• Apto para arranque estrella-triángulo a 220v y 440v de 0,75 a 200kW</li> <li>• Conexión de bobinado: 220V 2Δ / 380v 2Y / 440V Δ / 762v Y</li> <li>• Protección de devanado: Dandong PTC (1 por fase) de 110 KW y más</li> <li>• Conexión de 12 conductores Y Δ con caja de conexiones adecuada para 6 terminales</li> <li>• Placa de frecuencia única a 60 Hz solamente</li> <li>• SF 1,15 a 60 Hz</li> <li>• Marca CE en la placa de identificación</li> <li>• Kits FF y FT de brida convertible en campo disponibles</li> </ul>
---	--

**Trifásicos, Motores IEC IE2 Eficiente**  
**Todo de hierro fundido, IP55 con base para servicio severo IM1001 (B3)**



Peru

**APPLICATIONS:**

For severe duty environments found in the pulp & paper, lumber, aggregates, mining, chemical and other industries.

**FEATURES:**

- Fully comply with IEC 60034, 60038, 60072 and IE2 efficiency standards
- 40°C ambient, continuous duty
- Altitude 1000 m
- Sealed bearings of same size on both ends Frame 80 to 160
- Regreasable bearings of the same size on both ends Frame 180 to 355
- Grease type Polyrex-EM
- Corrosion resistant mill & chemical duty paint RAL 7024 Grey
- VPI, Class F insulation system, 80K rise at full load on sine wave power
- Stainless steel nameplate and zinc plated hardware
- Shaft seal ring for IP55 protection
- Lifting provisions
- F1 mounting Only
- Frequency 60 HZ
- 220v / 380v / 440v  $\pm$  10% 60 Hz From 0.75 kW and up to 200 kW ( Frame 355)
- Suitable for DOL start 380V Up to 200 kW
- Suitable for wye-delta start @ 220v and 440v from 0.75 to 200kW
- Winding connection: 220V 2 $\Delta$  / 380v 2Y / 440V  $\Delta$  / 762v Y
- Winding Protection: Dandong PTC (1 per phase) from 110KW and Up
- 12 Leads connection Y  $\Delta$  with Conduit box suitable for 6 terminals
- Single Frequency nameplated @ 60Hz only
- SF 1.15 at 60 Hz
- CE mark on nameplate
- Field convertible flange FF & FT kits available

**Trifásicos, Motores IEC IE2 Eficiente**  
**Todo de hierro fundido, IP55 con base para servicio severo IM1001 (B3)**



Peru

KW	HP	Pole	IEC Frame	Catalog #	Model #	DS-Sym	Weight Kg	List		
				Motors F1 Mounting Position				B3	B5	B14
15	20	2	160M2	MELC15E1R	ELC234S	IE2PE	119	1524	1600	
		4	160M1	MELC15E2R	ELC235S	IE2PE	122	1691	1776	
		6	160L1	MELC15E3R	ELC236S	IE2PE	150	2143	2250	
18.5	25	2	160M3	MELC19E1R	ELC237S	IE2PE	123	1664	1748	
		4	160L1	MELC19E2R	ELC238S	IE2PE	140	2172	2280	
		6	180L1	MELC19E3R	ELC239S	IE2PE	195	2440	2562	
22	30	2	160L1	MELC22E1R	ELC240S	IE2PE	139	2232	2344	
		4	180M1	MELC22E2R	ELC241S	IE2PE	176	2405	2526	
		6	200L2	MELC22E3R	ELC242S	IE2PE	230	2714	2850	
30	40	2	200L1	MELC30E1R	ELC243S	IE2PE	218	2577	2706	
		4	200L	MELC30E2R	ELC244S	IE2PE	241	2959	3107	
		6	200L3	MELC30E3R	ELC245S	IE2PE	250	3464	3638	

### Equipo Brida FF

Símbolo IEC	Marco del Motor	Para Hierro Fundido MELC			Para Aluminio MELA	
		Catalogo Nidec	Comentario	Lista	Catalogo Nidec	Lista
FF165	80	FF165ELC80	2-4-6 Poles	79	FF165ELA80	43
	90	FF165ELC90	2-4-6 Poles	89	FF165ELA90	45
FF215	100	FF215ELC100	2-4-6 Poles	138	FF215ELA100	70
	112	FF215ELC112	2-4-6 Poles	162	FF215ELA112	75
FF265	132	FF265ELC132	2-4-6 Poles	238	FF265ELA132	110
FF300	160	FF300ELC160	2-4-6 Poles	365		
	180	FF300ELC180	2-4-6 Poles			
FF350	200	FF350ELC200	2-4-6 Poles	522		
FF400	225	FF400ELC225-2	2 Poles Only	634		
		FF400ELC225	4 & 6 Poles			
FF500	250	FF500ELC250-2	2 Poles Only	896		
		FF500ELC250	4 & 6 Poles			
	280	FF500ELC280-2	2 Poles Only	1054		
		FF500ELC280	4 & 6 Poles			
FF600	315	FF600ELC315-2	2 Poles Only	1497		
		FF600ELC315	4 & 6 Poles			

### Equipo Brida FT

Símbolo IEC	Marco del Motor	Para Hierro Fundido MELC			Para Aluminio MELA	
		Catalogo Nidec	Modelo L.A.	Lista	Catalogo Nidec	Lista
FT100	80	FT100ELC80	80 B14	84	FT100ELA80	45
FT115	90	FT115ELC90	90 B14	94	FT115ELA90	50
FT130	100	FT130ELC100	100 B14	147	FT130ELA100	80
FT130	112	FT130ELC112	112 B14	172	FT130ELA112	90
FT215	132	FT215ELC132	132 B14	-	FF265ELA132	130

## Ventilador de plástico

Tipo de Motor	Marco del Motor	Polos	Lista	Catalogo Nidec	Lista
MELA, MELC	80	All	5	FAN80EL	5
MELA, MELC	90	2 only	5	FAN80-2EL	5
MELA, MELC	90	4 & 6	5	FAN80EL	5
MELA, MELC	100	All	10	FAN100EL	10
MELA, MELC	112	2 only	15	FAN112-2EL	15
MELA, MELC	112	4 & 6 & 8	15	FAN112EL	15
MELA, MELC	132	2 only	20	FAN132-2EL	20
MELA, MELC	132	4 & 6 & 8	20	FAN132EL	20
MELA, MELC	160	2 only	25	FAN160-2EL	25
MELA, MELC	160	4 & 6 & 8	30	FAN160EL	30
MELC	180	2 & 4	35	FAN180-2-4ELC	35
MELC	180	6 & 8	40	FAN180-6-8ELC	40
MELC	200	2 only	45	FAN200-2ELC	45
MELC	200	4 & 6 & 8	50	FAN200ELC	50
MELC	225	2 only	60	FAN225-2ELC	60
MELC	225	4 & 6 & 8	75	FAN225ELC	75
MELC	250	2 only	80	FAN250-2ELC	80
MELC	250	4 & 6 & 8	100	FAN250ELC	100
MELC	280	2 only	110	FAN280-2ELC	110
MELC	280	4 & 6 & 8	150	FAN280ELC	150
MELC	315 & 355	2 only *	300	FAN300-2ELC	300
MELC	315 & 355	4 only *	300	FAN300-4ELC	300
MELC	315 & 355	6 & 8 *	300	FAN300-6-8ELC	300

\* Aluminio

### Cubierta del Ventilador

Tipo de Motor	Marco del Motor	Montaje Horizontal		Montaje Vertical	
		Catalogo Nidec	Lista	Catalogo Nidec	Lista
MELA, MELC	80	FCG80EL	13	FCV80EL	25
MELA	90	FCG90ELA	17	FCV90ELA	35
MELC	90	FCG90ELC	17	FCV90ELC	35
MELA, MELC	100	FCG100EL	20	FCV100EL	40
MELA	112	FCG112ELA	22	FCV112EL	45
MELC	112	FCG112ELC	22	FCV112ELC	45
MELA, MELC	132	FCG132EL	32	FCV132EL	65
MELA, MELC	160	FCG160EL	55	FCV160EL	110
MELC	180	FCG180ELC	80	FCV180ELC	160
MELC	200	FCG200ELC	110	FCV200ELC	220
MELC	225	FCG225ELC	140	FCV225ELC	280
MELC	250	FCG250ELC	170	FCV250ELC	340
MELC	280	FCG280ELC	200	FCV280ELC	400
MELC	315	FCG315ELC	300	FCV315ELC	600
MELC	355	FCG355ELC	560	FCV355ELC	1100

### Caja de Conductos y Tablero de Terminales

Tipo de Motor	Marco del Motor	Caja de Conducto				Tablero de Bornes	
		Marco de Hierro Fundido MELC		Marco de Aluminio MELA		MELC & MELA	
		Catalogo Nidec	Lista	Catalogo Nidec	Lista	Catalogo Nidec	Lista
	80	CB80ELC	20	CB80ELA	30	TB80EL	15
	90	CB90ELC	30	CB90ELA	40	TB90EL	18
	100	CB100ELC	30	CB100ELA	40	TB100EL	18
	112	CB112ELC	40	CB112ELA	60	TB112EL	20
	132	CB132ELC	40	CB132ELA	60	TB132EL	20
	160	CB160ELC	60	CB160ELZ	180	TB160EL	40
	180	CB180ELC	60			TB180ELC	40
	200	CB200ELC	90			TB200ELC	90
	225	CB225ELC	90			TB225ELC	90
	250	CB250ELC	120			TB250ELC	150
	280	CB280ELC	120			TB280ELC	150
	315	CB315ELC	300			TB315ELC	700
	355	CB355ELC	300			TB355ELC	1300

Modelo IE2 Weg de la Marca Motorex



WEG

## **Motor Trifásico 4P, 40HP, 220/380/440, IE2 Weg**

**SKU: D01022534**

### **Descripción**

Línea W22 de motores trifásicos de inducción, diseñados para ofrecer no sólo un consumo de energía significativamente menor, sino también menor ruido y vibración, más confiabilidad, mantenimiento más sencillo y menores costos de operación. Diseñados para superar los requisitos de la clase de eficiencia IE2 puede reducir las pérdidas de energía entre 10% y 40% en comparación con otros motores típicos. Es una forma extremadamente eficaz de reducir su huella de carbono, así como sus costos energéticos. Características de la línea W22: 1. Reducción de los niveles de ruido y vibración; 2. Aumento de los niveles de eficiencia energética y térmica; 3. Facilidad de mantenimiento; 4. Incremento en las aplicaciones con velocidad variable a través de la utilización de variadores de velocidad; 5. Flexibilidad y modularidad.

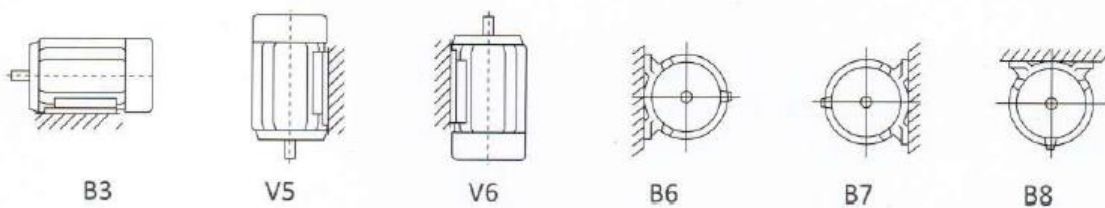
### **Dimensiones:**

- Largo : 89.000 cm.
- Ancho : 64.000 cm.
- Alto : 50.000 cm.

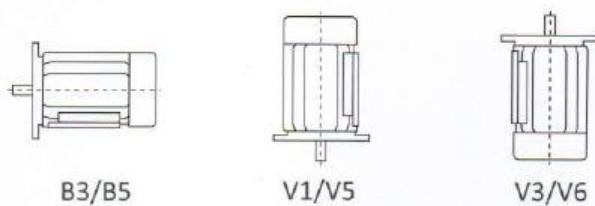
## Anexo 4. Formas Constructivas

### FORMAS CONSTRUCTIVAS

#### Montaje sobre patas de fijación.-

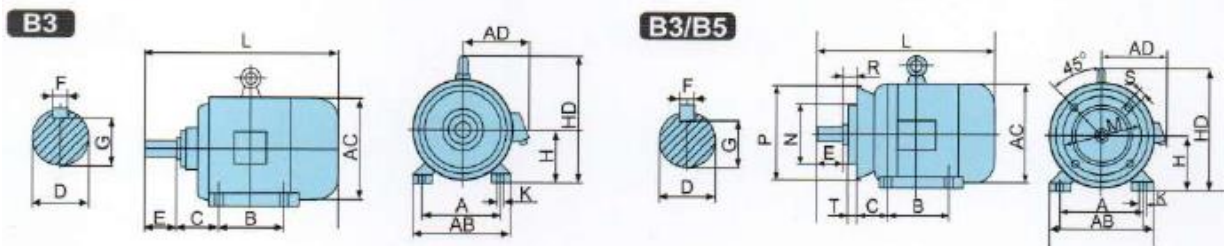


#### Brida B5 y Patas de fijación.-



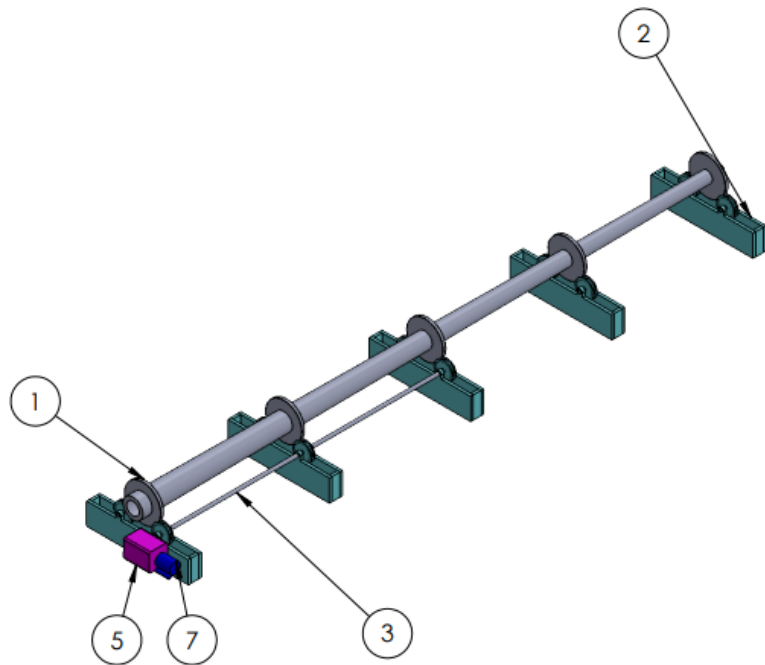
## Anexo 5. Dimensiones generales

### DIMENSIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN DE LOS MOTORES DE LA SERIE - YD



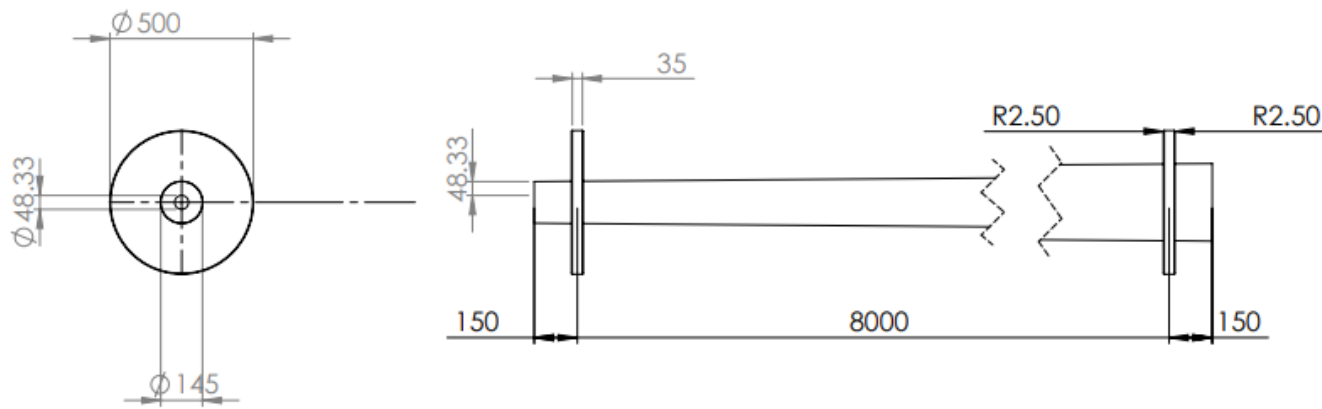
Tamaño	Dimensiones de Montaje (mm)															Dimensiones Generales (mm)				
	A	B	C	D	E	F	G	H	K	M	N	P	R	S	T	AB	AC	AD	HD	L
YD71	112	90	45	14	30	5	11	71	7	130	110	160	0	10	3.5	140	140	120	140	255
YD80	125	100	50	19	40	6	15.5	80	10	165	130	200	0	12	3.5	165	175	150	175	290
YD90S	140	100	56	24	55	8	20	90	10	165	130	200	0	12	3.5	180	195	160	195	315
YD90L	140	125	56	24	50	8	20	90	10	165	130	200	0	12	3.5	180	195	160	195	340
YD100L	160	140	63	28	60	8	24	100	12	215	180	250	0	15	4	205	215	180	245	380
YD112M	190	140	70	28	60	8	24	112	12	215	180	250	0	15	4	245	240	190	265	400
YD132S	216	140	89	38	80	10	33	132	12	265	230	300	0	15	4	280	275	210	315	475
YD132M	216	178	89	38	80	10	38	132	12	265	230	300	0	15	4	280	275	210	315	515
YD160M	254	210	108	42	110	12	37	160	15	300	250	350	0	19	5	330	335	265	385	605
YD160L	254	254	108	42	110	12	37	160	15	300	250	350	0	19	5	330	335	265	385	650
YD180M	279	241	121	48	110	14	42.5	180	15	300	250	350	0	19	5	355	380	285	430	670
YD180L	279	279	121	48	110	14	42.5	180	15	300	250	350	0	19	5	355	380	285	430	710
YD200L	318	305	133	55	110	16	49	200	19	360	300	400	0	19	5	395	420	315	475	775
YD225S	356	286	149	60	140	18	53	225	19	400	350	450	0	19	5	435	475	345	530	820
YD225M-2	356	311	149	55	110	16	49	225	19	400	350	450	0	19	5	435	475	345	530	815
YD225M-4, 6	356	311	149	60	140	18	53	225	19	400	350	450	0	19	5	435	475	345	530	845
YD250M-2	406	349	168	60	140	18	53	250	24	500	450	550	0	19	5	490	515	385	575	930

## **Anexo 6. Planos de la descripción general de la centrifugadora y componentes**

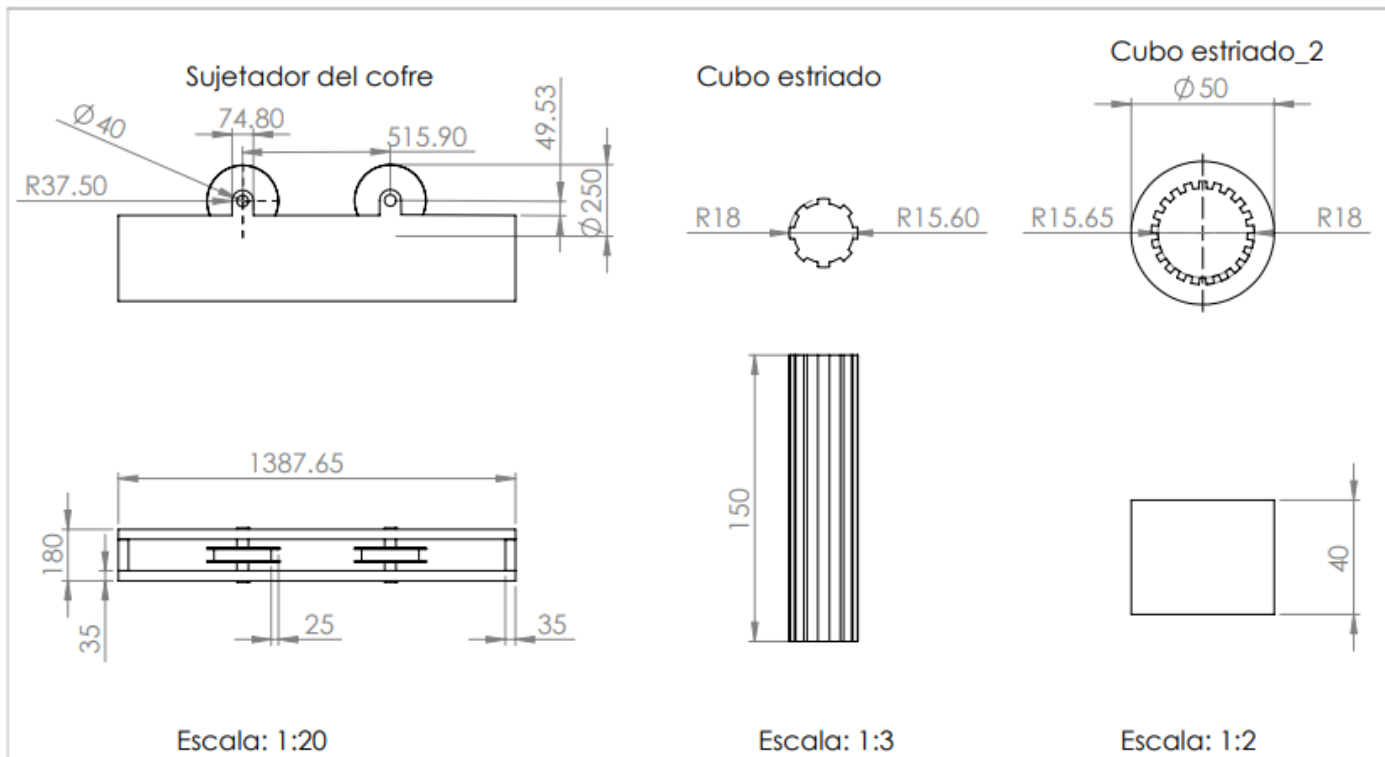


N.º DE PIEZA	N.º DE ELEMENTO	CANTIDAD
Poste anillado	1	1
Sujetador del cofre	2	5
eje	3	2
cubos estriados1_2	4	1
reductor	5	1
cubos estriados2	6	2
motor	7	1
cubos estriados1	8	1

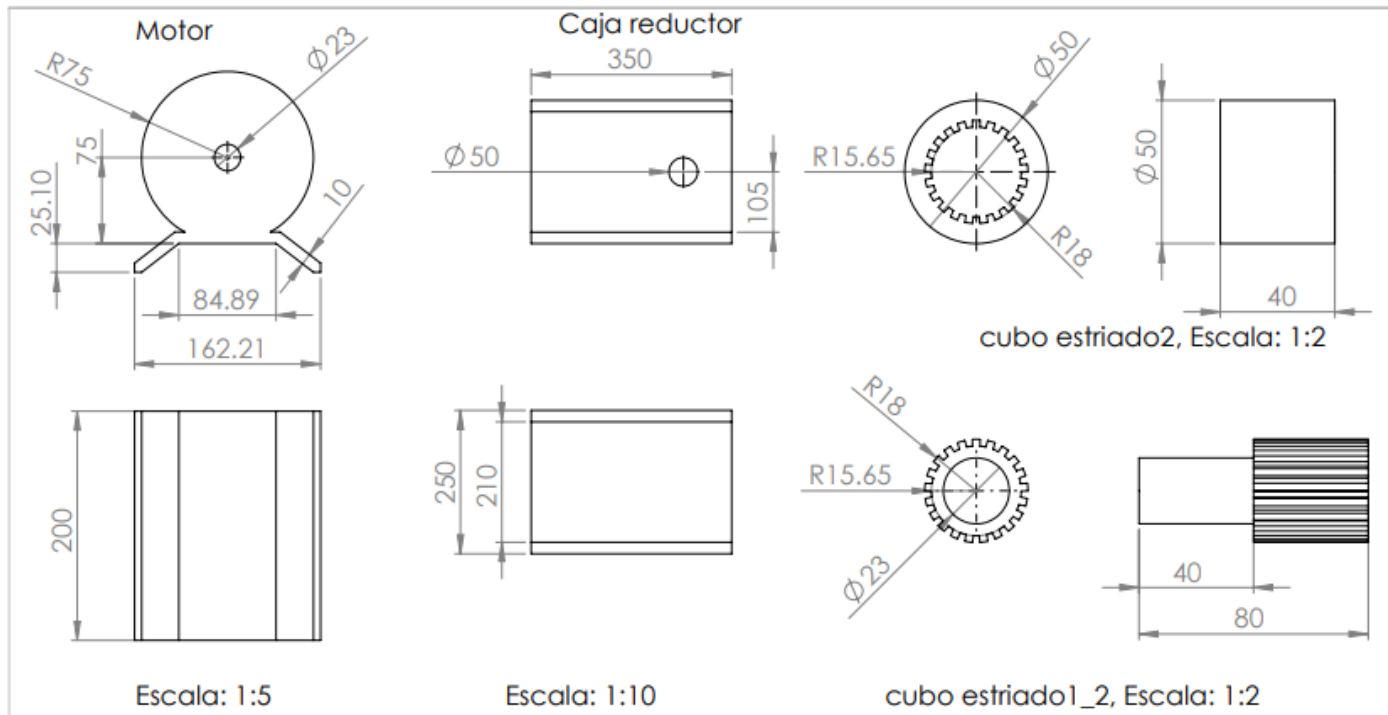
Autor: Christian H. Lopez Gil	20/02/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN		
		PROYECTO		
		PROPUESTA PARA MEJORAR EL PROCESO DE CENTRIFUGADO EN LA FABRICACION DE POSTES UTILIZANDO UN MOTOR DE ROTACION ELECTRICO PARA LA EMPRESA PRETAC SAC, 2021		
		SIZE A4	PLANO CENTRIFUGADORA	REV 01
		ESCALA 1:50		UND: mm



Autor: Christian H. Lopez Gil	20/02/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN	
PROYECTO PROPUESTA PARA MEJORAR EL PROCESO DE CENTRIFUGADO EN LA FABRICACION DE POSTES UTILIZANDO UN MOTOR DE ROTACION ELECTRICO PARA LA EMPRESA PRETAC SAC, 2021			
SIZE <b>A4</b>		PLANO POSTE ANILLADO	REV <b>01</b>
ESCALA 1:20		UND: mm	

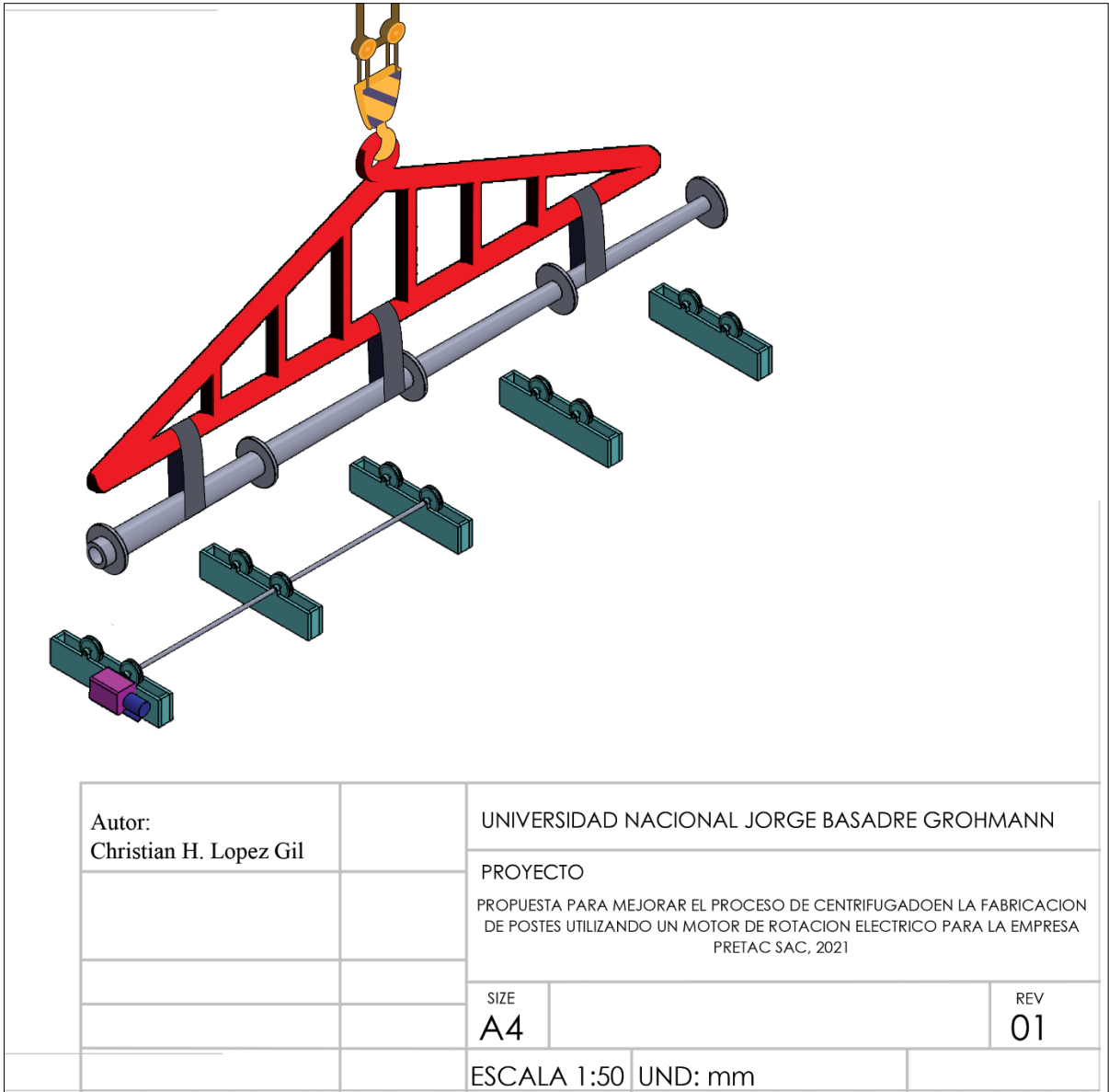


Autor: Christian H. Lopez Gil	20/02/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN		
		PROYECTO PROPUESTA PARA MEJORAR EL PROCESO DE CENTRIFUGADO EN LA FABRICACION DE POSTES UTILIZANDO UN MOTOR DE ROTACION ELECTRICO PARA LA EMPRESA PRETAC SAC, 2021		
		SIZE <b>A4</b>	PLANO <b>CENTRIFUGADORA</b>	REV <b>01</b>
		UND: mm		



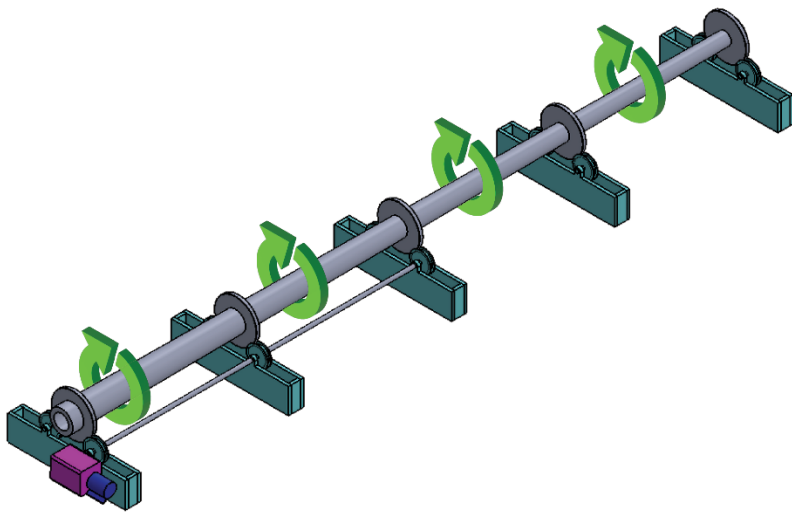
Autor: Christian H. Lopez Gil	20/02/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN		
PROYECTO PROPUESTA PARA MEJORAR EL PROCESO DE CENTRIFUGADO EN LA FABRICACION DE POSTES UTILIZANDO UN MOTOR DE ROTACION ELECTRICO PARA LA EMPRESA PRETAC SAC, 2021				
SIZE <b>A4</b>		PLANO <b>CENTRIFUGADORA</b>		REV <b>01</b>
		UND: mm		

## Anexo 7. Planos con la descripción del proceso de centrifugado



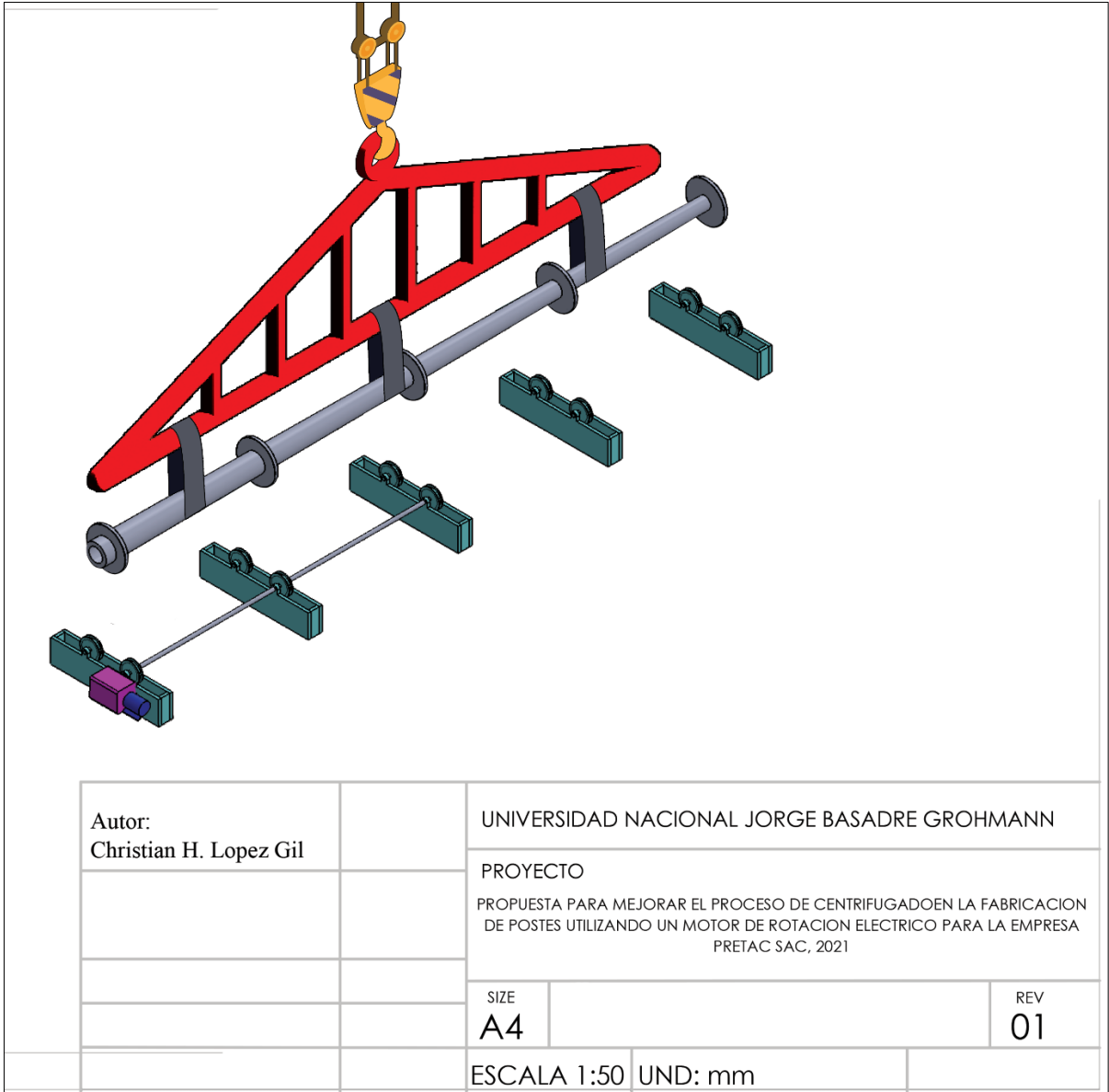
Traslado de la estructura hacia la centrifugadora.

Velocidades	Rotación	Tiempo de Trabajo (minutos)
1°	1000-1300 rev/min	2
2°	2000-2200 rev/min	1
3°	3000-3200 rev/min	6.5



Autor: Christian H. Lopez Gil		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN	
		PROYECTO	
		PROPUESTA PARA MEJORAR EL PROCESO DE CENTRIFUGADO EN LA FABRICACION DE POSTES UTILIZANDO UN MOTOR DE ROTACION ELECTRICO PARA LA EMPRESA PRETAC SAC, 2021	
		SIZE A4	REV 01
		ESCALA 1:50 UND: mm	

Compactado del cemento y remoción del exceso de agua.



Retiro de la estructura, de la centrifugadora hacia la zona de secado.

## Anexo 8. Detalles para la elaboración de concreto

# Marco Conceptual

## Fundamentos del concreto

### Definición

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une los agregados, normalmente arena y grava, y se crea una masa similar a una roca. Esto ocurre por el endurecimiento de la pasta en consecuencia de la reacción química del cemento con el agua<sup>2</sup>.

### Componentes

Las siguientes definiciones se fundamentan en la norma ASTM C-125<sup>3</sup> y en el informe del comité ACI 116<sup>4</sup>.

### Agregado

Es el material granular, tal como la arena, la grava, la piedra triturada o la escoria de acero de alto horno, la cual puede ser utilizada con un medio cementante para formar concreto o mortero de cemento hidráulico.

### Agregado grueso

Se refiere a las partículas de agregado mayores de 4,75mm (Malla N°4).

### Agregado fino

Se refiere a las partículas de agregado menores de 4,75mm (Malla N°4) pero mayores de 75µm (Malla N°200).

### Grava

Es el agregado grueso que resulta de la desintegración natural y de la abrasión de la roca o del procesamiento de conglomerado de adherencia débil.

### Arena

Es comúnmente utilizado para el agregado fino que resulta de la desintegración natural y de la abrasión de la roca o del procesado de la piedra caliza deleznable.

### Piedra triturada

Es el producto que resulta del triturado industrial de piedras bola, de rocas, o de grandes pedruscos.

### Polvo piedra

También llamado arena manufacturada, es producto de la fragmentación de roca por trituración o por impacto. Los tamaños corresponden a la fracción que pasa la malla de 4,75 mm (N°4) y se retienen en la de 75 µm (N°200).

### Cemento

Es un material finamente pulverizado que no es en sí mismo conglomerante, sino que desarrolla

<sup>2</sup> (Kosmatka et al., 2004)

<sup>3</sup> (ASTM C-125;1982)

<sup>4</sup> (ACI 116;1982)

esta propiedad como resultado de la hidratación, es decir, por las reacciones químicas entre los minerales del cemento y el agua. Un cemento es llamado hidráulico cuando los productos de hidratación son estables en un medio acuoso. El cemento hidráulico más comúnmente usado para hacer concreto es el cemento portland.

## Tipos de cemento<sup>5</sup>

### Cemento Portland (tipo I-RTCR)

Cumple con las especificaciones físicas de la norma ASTM C-150, corresponde al cemento hidráulico producido al pulverizar clinker y una o más formas de sulfato de calcio como adición de molienda.

### Cemento hidráulico modificado con puzolana (tipo MP-RTCR)

Cemento hidráulico que consiste en una mezcla homogénea de clinker, yeso y puzolana (y otros componentes minoritarios), producido por molienda conjunta o separada.

### Cemento hidráulico modificado con escoria (tipo MS-RTCR)

Cemento hidráulico que consiste en una mezcla homogénea de clinker, yeso y escoria granulada de alto horno (y otros componentes minoritarios), producido por molienda conjunta o separada.

### Cemento hidráulico de uso general (tipo UG-RTCR)

Cemento hidráulico que consiste en una mezcla homogénea de clinker, yeso y otros componentes minerales, producido por molienda conjunta o separada.

### Modificaciones

Estos cementos pueden incluir las siguientes modificaciones:

- ✓ **A:** Cemento hidráulico con resistencia al congelamiento (mediante dispersión de burbujas de aire en el concreto producido).

- ✓ **AR:** Cemento hidráulico de alta resistencia inicial.
- ✓ **AS:** Cemento hidráulico de alta resistencia a los sulfatos.
- ✓ **BL:** Cemento blanco.
- ✓ **BH:** Cemento hidráulico de bajo calor de hidratación.
- ✓ **BR:** Cemento hidráulico de baja reactividad a los agregados reactivos, a los álcalis.
- ✓ **MH:** Cemento hidráulico de moderado calor de hidratación.
- ✓ **MS:** Cemento hidráulico de resistencia moderada a los sulfatos.

### Cemento de albañilería, cemento para mortero

Usado principalmente en albañilería o en preparación de mortero, el cual consiste en una mezcla de cemento hidráulico o tipo Portland y un material que le otorga plasticidad (como caliza, cal hidráulica o hidratada) junto a otros materiales introducidos para aumentar una o más propiedades, tales como el tiempo de fraguado, trabajabilidad, retención de agua y durabilidad. Este cemento debe cumplir con la norma ASTM C-91 (cemento de albañilería) y ASTM C-1329 (cemento para mortero) en su última versión.

En el cuadro 1 se muestran los requerimientos físicos y las cantidades de los componentes principales para los diferentes tipos de cemento, y en el cuadro 2 se muestran los usos recomendados por cada tipo de cemento. Ambos cuadros de acuerdo con el reglamento técnico de cementos hidráulicos<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> (RTCR 383; 2004).

<sup>6</sup> (RTCR 383; 2004).

<b>CUADRO 1. REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y COMPONENTES PRINCIPALES DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CEMENTO</b>							
<b>Requerimientos físicos</b>							
Tipo de cemento	Prueba ASTM aplicable	MP-RTCR	UG-RTCR	MS-RTCR	TIPO I-RTCR	TIPO - RTCR/AR	MP - RTCR/AR
Superficie específica, m <sup>2</sup> /kg. (min.)	C204	1	1	1	280	-	1
Finura pasante en malla 0.045 m/m (325) min. %	C430	1	1	1	1	1	1
Cambio de longitud-Autoclave, máx. %	C151	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Tiempo de fragua, Prueba Vicat (2)	C191						
Inicial no menor del min.		45	45	45	45	45	45
Final no mayor del máximo.		420	420	420	375	375	420
Resistencia a la compresión, min. MPa	C109						
1 día		-	-	-	-	12	10
3 días		13	10	10	12	24	17
7 días		20	17	17	19	-	-
28 días		25	28(4)	28(4)	28(4)		
<b>Componentes principales de los cementos % en masa</b>							
Clinker + yeso		50-90	50-95	20-34	95-100	95-100	50-90
Caliza		-	6-350	-	-	-	-
		6-	6-350	-	-	-	-
Minerales puzolánicos		500					
Escoria granulada de alto horno		-	6-350	66-80	-	-	-
Humo de sílice		-	0-10	-	-	-	-
Otros		0-5	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5

(1) Reportar los resultados del análisis de Blaine.  
Donde: **MP**= Modificado con puzolana **UG**=Uso general **MS**=Modificado con escoria **AR**= Alta resistencia inicial

<b>CUADRO 2. PRINCIPALES APLICACIONES RECOMENDADAS</b>	
Tipo de cemento	Aplicaciones en concreto y morteros
I	Concretos de usos generales.
I-AR	Concretos de alta resistencia inicial.
MP-AR	Concretos de alta resistencia inicial con moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación.
MP	Concretos y morteros de uso general que no demanden alta resistencia inicial y con resistencia a los sulfatos, agua de mar, y de bajo calor de hidratación.
UG,MS	Concretos y morteros de uso general que no demanden alta resistencia inicial, concretos de uso masivo, con requerimientos de alta resistencia a los sulfatos, o al agua de mar y de bajo calor de hidratación.
Albañilería	No se recomienda para fabricación de concretos de uso estructural. Se recomienda solo para fabricación de morteros.

La pasta del concreto (materiales cementantes, agua y aire atrapado o aire incluido intencionalmente) constituye aproximadamente del 25 al 40% del volumen total del concreto.

Por otra parte, los agregados conforman aproximadamente del 60 al 75% del volumen total del concreto, de ahí radica la gran importancia de su selección. Estos deben poseer propiedades de resistencia mecánica adecuada, resistencia a la exposición y deben estar libres de cualquier material que pueda causar deterioro al concreto. También juega un papel importante la granulometría, entre más graduada sea esta, mayor acomodo de las partículas que conforman el concreto, lo que disminuye la cantidad de espacios vacíos en la mezcla, y aumenta el uso eficiente de la pasta.

La calidad del concreto depende de la calidad de sus componentes y la unión entre ellos. La figura 1 muestra un concreto fabricado adecuadamente, donde los agregados están rodeados completamente con la pasta. Se llena de esta manera los espacios vacíos.

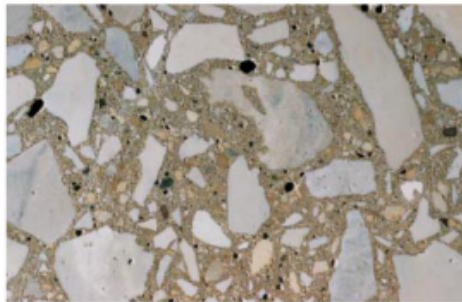


Figura 1. Sección transversal del concreto endurecido.<sup>7</sup>

## El agua en el concreto

La cantidad de agua usada con relación con la cantidad de cemento (A/C) para la fabricación de mezclas de concreto, es sin duda el elemento más determinante en la resistencia última del concreto endurecido, sin importar el grupo de materiales y condiciones de curado.

Cuando se utiliza más agua de la necesaria, la calidad de la pasta disminuye, y por

ende la del concreto. De acuerdo con lo expuesto en la PCA<sup>8</sup>, las ventajas de la disminución de la cantidad de agua son:

- ✓ Aumento de la resistencia a la compresión y de la resistencia a flexión.
- ✓ Disminución de la permeabilidad y por ende disminución de la absorción, lo que provoca un aumento de la estanquidad (hermeticidad).
- ✓ Aumento de la resistencia a la intemperie.
- ✓ Mejor unión entre concreto y armadura.
- ✓ Reducción de la contracción (retracción, encogimiento) y de la fisuración (agrietamiento, fisuramiento).
- ✓ Menores cambios de volumen causado por el humedecimiento y el secado.

Estas ventajas son obtenidas únicamente si la mezcla se puede compactar adecuadamente, lo que permite que el aire atrapado sea expulsado y que no queden vacíos en la mezcla. Así se logra un concreto más denso, resistente y durable.

## Tipos de concreto

Con base en lo expuesto por el libro del IMCYC<sup>9</sup>, el concreto se clasifica de acuerdo con su peso unitario y con base en su resistencia a la compresión en tres categorías.

CUADRO 3. CLASIFICACIÓN CON BASE EN SU PESO UNITARIO	
Clasificación	Descripción
Concreto de peso normal	Contiene arena natural y grava o agregados de roca triturada, pesa aproximadamente 2400 kg/m <sup>3</sup> , es el más comúnmente utilizado para propósitos estructurales.
Concreto ligero	Para aplicaciones en donde se desea una relación más alta de resistencia contra peso, esto es posible usando ciertos agregados naturales que tienen una densidad de masa más baja, pesa menos de 1800 kg/m <sup>3</sup> .
Concreto pesado	Se utiliza, por ejemplo, para escudos contra radiación, es producido con agregados de alta densidad y pesa en general más de 3200 kg/m <sup>3</sup> .

<sup>8</sup> (Kosmatka et al., 2004).

<sup>9</sup> (Mehta y Monteiro, 1998).

<sup>7</sup> (Kosmatka et al., 2004).

CUADRO 4. CLASIFICACIÓN POR RESISTENCIA	
Clasificación	Descripción
De baja resistencia	Menos de 20 MPa (204 kg/cm <sup>2</sup> ) de resistencia a la compresión.
Concreto de resistencia moderada	De 20 a 40 MPa (204 a 408 kg/cm <sup>2</sup> ) de resistencia a la compresión, es un concreto ordinario o normal, que se utiliza en la mayor parte de los trabajos estructurales.
Concreto de alta resistencia	Más de 40 MPa (408 kg/cm <sup>2</sup> ) de resistencia a la compresión, es utilizado para aplicaciones especiales.

### Concreto recién mezclado

El concreto recién mezclado debe ser plástico, flexible, con una consistencia capaz de ser moldeada con la mano.

En una mezcla plástica todas las partículas de los agregados se encuentran rodeadas de la pasta, para evitar la segregación.

Cuando se trabaja con relaciones A/C bajas, se debe tener cuidado de no perder esta propiedad, ya que es la que va a permitir que el concreto tome la forma de la formaleta que lo contiene y que una vez endurecido tenga la apariencia homogénea buscada no solo estéticamente sino estructuralmente, ya que evidencia la buena compactación del mismo.

### Trabajabilidad

Cuando un concreto es fácil de colocar y compactar sin tener problemas de segregación, y se obtienen resultados adecuados en el acabado una vez endurecido, se habla de la propiedad de trabajabilidad en el concreto.

Según lo establecido en la PCA<sup>10</sup>, los factores que influyen en la trabajabilidad del concreto son:

<sup>10</sup> (Kosmatka et al., 2004).

- ✓ El método y la duración del transporte.
- ✓ Cantidad y características de los materiales cementantes.
- ✓ Consistencia del concreto (asentamiento en cono de Abrams o revenimiento).
- ✓ Tamaño, forma y textura superficial de los agregados finos y gruesos.
- ✓ Aire incluido (aire incorporado).
- ✓ Cantidad de agua.
- ✓ Temperatura del concreto y del aire.
- ✓ Aditivos.

Como se mencionó anteriormente, la segregación, consistencia, movilidad y facilidad de acabado son propiedades relacionadas con la trabajabilidad de la mezcla de concreto. La consistencia es considerada una indicación de la trabajabilidad.

El revenimiento, medido por medio del asentamiento en el cono de Abrams, determina la consistencia de la mezcla. Un concreto de bajo revenimiento es una mezcla con consistencia rígida y seca, que puede presentar dificultades en la colocación y compactación, además de segregación de las partículas de agregado grueso. Esto no debe sugerir que un concreto con una consistencia muy húmeda sea muy trabajable, ya que se pueden generar vacíos y ocurrir segregación al quedar el agregado grueso en el fondo del molde o formaleta aún después de la compactación.

Es por estos motivos que la consistencia debe ser lo más seca posible para permitir la adecuada compactación.

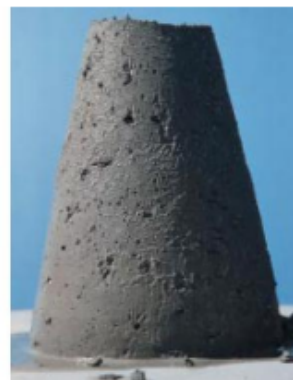


Figura 2. Concreto con consistencia rígida (bajo revenimiento) en cono Abrams.<sup>11</sup>

<sup>11</sup> (Kosmatka et al., 2004).

## Anexo 9. Detalles de la Evaluación Económica

### VAN

#### Fórmula

$$CF_1 \neq CF_2 \neq CF_3 \neq \dots \neq CF_j \neq \dots \neq CF_n$$

$$VAN = -D_0 + \frac{FC_1}{(1+k)^1} + \frac{FC_2}{(1+k)^2} + \frac{FC_3}{(1+k)^3} + \dots + \frac{FC_j}{(1+k)^j} + \dots + \frac{FC_n}{(1+k)^n} > 0$$

**Siendo:**

CF<sub>i</sub>: Flujo de caja del periodo j  
D<sub>0</sub>: Desembolso inicial  
k: Tasa de actualización  
n: Duración de la inversión

#### Fórmula en Excel

Argumentos de función

VNA

Tasa	C26	=	0,25
Valor1	C23:H23	=	{3062,2457938976\3563,4784799747...
Valor2		=	número

= 12288,64454

Devuelve el valor neto presente de una inversión a partir de una tasa de descuento y una serie de pagos futuros (valores negativos) y entradas (valores positivos).

**Valor1:** valor1;valor2;... son de 1 a 254 pagos e ingresos, igualmente espaciados y que tienen lugar al final de cada periodo.

Resultado de la fórmula = S/828,64

[Ayuda sobre esta función](#)

Aceptar Cancelar

## Desarrollo en Excel

<b>VAN</b>	<b>S/828,64</b>
------------	-----------------

(Actualización de Flujos - Inversión)

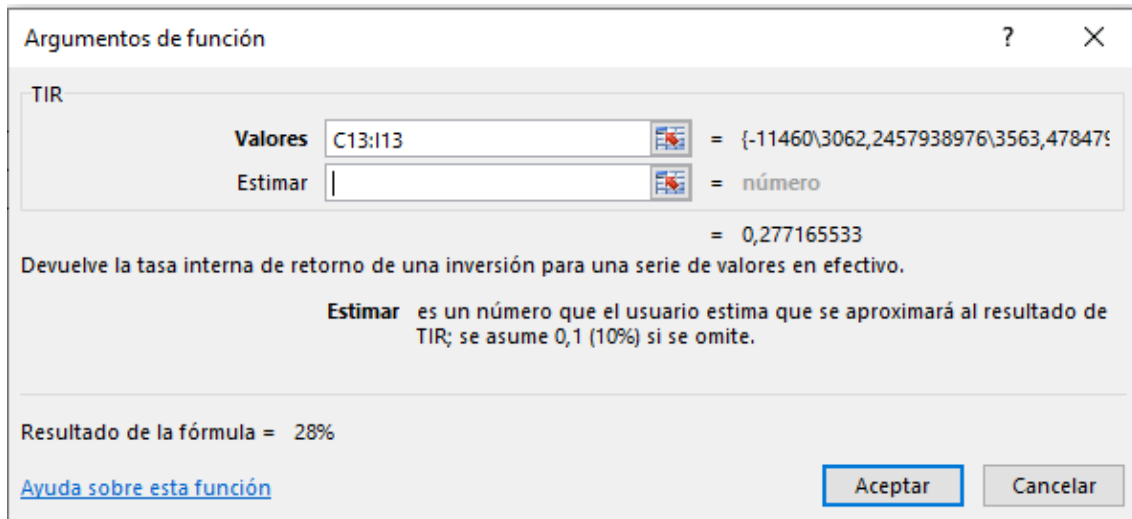
DATOS	Inversión					
	-S/ 11.460,00					
	Flujo 1	Flujo 2	Flujo 3	Flujo 4	Flujo 5	Flujo 6
	S/3.062,25	S/3.563,48	S/4.132,60	S/4.783,88	S/5.526,60	S/6.377,76
	Tasa de Interés (Rentabilidad de la empresa)					
	25%					
	Actualización de Flujos					
S/12.288,64						

## TIR

Fórmula

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$$

Fórmula en Excel



## Desarrollo en Excel

TIR	28%
-----	-----

DATOS	Inversión	Flujo 1	Flujo 2	Flujo 3	Flujo 4	Flujo 5	Flujo 6
	-S/ 11.460,00	S/3.062,25	S/3.563,48	S/4.132,60	S/4.783,88	S/5.526,60	S/6.377,76

## B/C

### Fórmula

$$\frac{B}{C} = \frac{VAN\ BENEFICIO}{VAN\ COSTO}$$

### Fórmula en Excel

Argumentos de función

? X

VNA

Tasa	<input type="text" value="C37"/>	= 0,25
Valor1	<input type="text" value="D10:I10"/>	= {4546,985\5231,0097\6013,8819\691...
Valor2	<input type="text"/>	= número
Valor3	<input type="text"/>	= número

= 17899,96146

Devuelve el valor neto presente de una inversión a partir de una tasa de descuento y una serie de pagos futuros (valores negativos) y entradas (valores positivos).

**Valor2:** valor1;valor2;... son de 1 a 254 pagos e ingresos, igualmente espaciados y que tienen lugar al final de cada período.

Resultado de la fórmula = S/17.899,96

[Ayuda sobre esta función](#)

Aceptar

Cancelar

## Desarrollo en Excel

<b>B/C</b>	<b>1,05</b>						Actualización de los Beneficios / Actualización de los Actualización de los Costos	
DATOS	Beneficio 1	Beneficio 2	Beneficio 3	Beneficio 4	Beneficio 5	Beneficio 6		
	4546,99	5231,01	6013,88	6915,37	7951,29	9145,37		
	Costo 0	Costo 1	Costo 2	Costo 3	Costo 4	Costo 5	Costo 6	
	-11460,00	-1484,74	-1667,53	-1881,28	-2131,49	-2424,69	-2767,61	
	Tasa de Interés (Rentabilidad de la empresa)							
	25%							
	Actualización de los Beneficios							
	S/17.899,96							
	Actualización de los Costos							
	S/17.071,32							

## PRI

### Fórmula

$$PRI = a + \left(\frac{b}{c}\right)$$

$a$  = Periodo anterior al cambio de signo

$b$  = Valor absoluto del flujo acumulado

$c$  = Flujo de caja en el siguiente periodo al cambio de signo

## Desarrollo en Excel

<b>PRI</b>	<b>3,15</b>
------------	-------------

Periodo anterior al cambio de signo + (Valor absoluto del flujo acumulado / Flujo de caja en el siguiente periodo)

<b>DATOS</b>	Flujo de caja						
	Inversión	Flujo 1	Flujo 2	Flujo 3	Flujo 4	Flujo 5	Flujo 6
	-S/ 11.460,00	S/3.062,25	S/3.563,48	S/4.132,60	S/4.783,88	S/5.526,60	S/6.377,76
	Flujo acumulado						
	-S/ 11.460,00	-S/ 8.397,75	-S/ 4.834,28	-S/ 701,67	S/ 4.082,21	S/ 9.608,82	S/ 15.986,58
	Periodo anterior al cambio de signo						
	3						
	Valor absoluto del flujo acumulado						
	701,67						
	Flujo de caja en el siguiente periodo al cambio de signo						
S/ 4.783,88							