

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL**

---

**“Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad de la línea de producción de postes en la empresa POSTES DEL NORTE S.A.”**

---

**Línea de Investigación:**

Optimización de la Producción

**Autor:**

Br. Peña Juárez, Anghela Paola

**Jurado Evaluador:**

**Presidente:** León Culquichicón, Jorge Iván

**Secretario:** De la Rosa Anhuaman, Filiberto

**Vocal:** Rodríguez Salvatierra, Daniel

**Asesor:**

Landeras Pilco, María Isabel

**Código Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-4250-5619>

**TRUJILLO – PERÚ**

**2022**

**Fecha de sustentación: 21/11/2022**



# UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



#### *TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL*

---

**“Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la  
productividad de la línea de producción de postes en la  
empresa POSTES DEL NORTE S.A.”**

---

**Línea de Investigación:** Optimización de la Producción

**Autor:**

Br. Peña Juárez, Anghela Paola

**Asesor:**

Dr. Ing. Landeras Pilco, María Isabel.

**Código Orcid:**

<https://orcid.org/0000-0002-4250-5619>

**TRUJILLO – PERU**

**2022**

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR  
ORREGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
INDUSTRIAL**

**“Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad de la  
línea de producción de postes en la empresa POSTES DEL NORTE S.A.”**

**APROBADA EN CONTENIDO Y ESTILO POR:**

**PRESIDENTE: MS. LEÓN CULQUICHICÓN JORGE IVÁN  
CIP: 52831**

**SECRETARIO: MS. DE LA ROSA ANHUAMAN FILIBERTO  
CIP: 90991**

**VOCAL: MS. RODRÍGUEZ SALVATIERRA DANIEL  
CIP: 24470**

**ASESOR: DRA. LANDERAS PILCO MARIA ISABEL  
CIP: 44282**

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Carrera Profesional de Ingeniería Industrial para obtener el grado de Bachiller en Ingeniero Industrial, ponemos a vuestra disposición el presente Trabajo de Tesis titulado: “**Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad de la línea de producción de postes en la empresa POSTES DEL NORTE S.A 2022.**”; a fin de ser evaluado.

Este trabajo, es el resultado de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la formación profesional en la Universidad, aplicados para solucionar una problemática observada en la Empresa **POSTES DEL NORTE S.A**

Confío que el presente trabajo logre cubrir las expectativas que tienen al respecto, excusándome anticipadamente de los posibles errores involuntarios cometidos en su desarrollo.

**Trujillo, septiembre del 2022**

Br. Peña Juárez, Anghela Paola

## DEDICATORIA

Dedicado con todo mi corazón a mi madre y a mi padre en el cielo por haberme forjado como la persona que soy, muchos de mis logros se los debo a ustedes, uno de ellos es este. Me formaron con principios y valores, motivándome constantemente para alcanzar mis anhelos.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de mi vida. Por darme la fortaleza, sabiduría y salud para poder compartir este logro con los míos.

A mis Padres, a quien les debo toda mi vida, les agradezco por su incansable amor, comprensión y su apoyo incondicional, que han sabido formarme con buenos sentimientos y valores, los cuales me han ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino, el deseo de superación y de triunfo en la vida.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como propósito mejorar la productividad de la línea de producción de postes en la empresa Postes del Norte S.A. con un estudio de tiempos y movimientos ubicada en Postes del Norte S.A. Lote 1 predio Mundaca km 6.5 car. Piura – Catacaos, Piura.

En el estudio de método y tiempos se realizó el diagnóstico inicial con respecto a los tiempos de los procesos de construcción de rondanas trabajos preliminares, armado de estructuras, producción, centrifugado, secado y desmoldado, y acabado, así como también se identificó las actividades productivas e improductivas. Se aplicó la estandarización de tiempos, mantenimiento predictivo y se propuso opciones de mejora para disminuir el cuello de botella y aumentar la productividad de la línea de producción de postes en la empresa Postes del Norte S.A

Se empleó el análisis documental del historial de los procesos, aplicaciones de celular para toma de tiempos, videgrabaciones y Excel para el procesamiento de datos

De esta manera el estudio de tiempos y movimientos de la línea de producción de postes en la empresa Postes del Norte S.A., determinó que la productividad de la situación actual del proceso es de 2.463 postes por hora con una pérdida de 195 postes al año y la productividad después de realizar las propuesta de mejora es de 2.805 postes por hora sin unidades perdidas, en la que se incrementa la productividad en un 13.888%; llegando a validarse la hipótesis por medio de SPSS 25 de que con un estudio de tiempos y movimientos se mejora la productividad de la línea de producción de postes en la empresa Postes del Norte S.A.

Finalmente se evaluó económicamente obteniéndose un VAN de S/ 47,243.63 en 3 años con una TIR del 135.13% y un beneficio costo de 2.832, que indica que por cada sol invertido en la propuesta de mejora, se genera 1.832 soles de beneficio.

Palabras clave: Estudio tiempos y movimientos, Mantenimiento predictivo, productividad.



## ABSTRACT

The purpose of this research work is to improve the productivity of the pole production line in the company Postes del Norte S.A. with a study of times and movements located in Postes del Norte S.A. Lot 1 Mundaca property km 6.5 car. Piura-Catacaos, Piura.

In the study of method and times, the initial diagnosis was made regarding the times of the construction processes of washers, preliminary work, assembly of structures, production, centrifugation, drying and demolding, and finishing, as well as the productive activities were identified. and unproductive. The standardization of times, predictive maintenance was applied, and improvement options were proposed to reduce the bottleneck and increase the productivity of the pole production line in the company Postes del Norte S.A.

Documentary analysis of the history of the processes, cell phone applications for time taking, video recordings and Excel for data processing were used.

In this way, the study of times and movements of the pole production line in the company Postes del Norte SA, determined that the productivity of the current situation of the process is 2,463 poles per hour with a loss of 195 poles per year and the productivity after making the improvement proposals is 2,805 posts per hour without lost units, in which productivity increases by 13,888%; reaching the validation of the hypothesis through SPSS 25 that with a study of times and movements the productivity of the pole production line in the company Postes del Norte S.A. is improved.

Finally, it was economically evaluated, obtaining a NPV of S/ 47,243.63 in 3 years with an IRR of 135.13% and a cost benefit of 2,832, which indicates that for each sol invested in the improvement proposal, 1,832 soles of benefit is generated.

Keywords: Time and motion study, predictive maintenance, productivity.

# INDICE

PRESENTACIÓN .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTOS .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema de investigación .....	1
1.2. Descripción del problema.....	5
1.3. Formulación del problema.....	8
1.4. Objetivos .....	8
1.4.1. Objetivo general .....	8
1.4.2. Objetivos específicos.....	8
1.5. Justificación .....	8
II. MARCO DE REFERENCIA .....	9
2.1. Antecedentes.....	9
2.2. Marco Teórico.....	13
2.2.1. Estudio de Movimientos .....	13
2.2.2. Movimientos Básicos.....	13
2.2.3. Diagrama de Procesos Bimanual.....	15
2.2.4. Estudio de tiempos .....	16
2.2.5. Tiempo Observado: .....	17
2.2.6. Tiempo Normal:.....	18
2.2.7. Tiempos Suplementarios (S): .....	20
2.2.8. Tiempo Estándar:.....	23
2.2.9. Flujogramas .....	24
2.2.10. Diagrama de flujo del proceso.....	24
2.2.11. Diagrama hombre – maquina (H-M).....	26
2.2.12. Diagrama de Operaciones (DOP).....	28
2.2.13. Diagrama de Recorrido.....	29
2.2.14. Diagrama de análisis del proceso.....	31
2.2.15. Productividad .....	33
2.2.16. Definición.....	33
2.2.17. Importancia de la productividad.....	33

2.2.18.	Factores para mejorar la productividad.....	33
2.2.19.	Medición de la productividad.....	34
2.2.20.	Tipos de productividad.....	34
2.2.21.	Ventajas de incrementar la productividad.....	36
2.3.	Marco Conceptual.....	37
2.4.	Hipótesis.....	38
2.5.	Variables.....	38
2.5.1.	Variable Independiente: Estudio de tiempos y movimientos.....	38
2.5.2.	Variable Dependiente: Productividad.....	39
III.	METODOLOGÍA.....	41
3.1.	Tipo y nivel de investigación.....	41
3.2.	Población y Muestra.....	41
3.3.	Diseño de investigación.....	41
3.4.	Técnicas e Instrumentos de investigación.....	42
3.5.	Procesamiento y análisis de datos.....	43
IV.	RESULTADOS.....	81
4.1.	Resultados del objetivo 1: “Diagnóstico de la situación actual en la productividad de la de la fuerza laboral en la producción de postes”.....	81
4.2.	Resultados del objetivo 2: “Evaluar, seleccionar, delimitar los procesos críticos. analizar el método de fabricación actual”.....	83
4.3.	Resultados del objetivo 3: “Propuesta de mejora de métodos y tiempos para línea de producción de postes de 13 metros y 9 metros.”.....	86
4.4.	Resultados del objetivo 4: “Comparar la productividad de la mano de obra directa para ver el impacto”.....	87
4.5.	Evaluación económica.....	89
4.6.	Docimasia de la Hipótesis.....	91
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	92
5.1.	Discusión del resultado del primer objetivo: “Analizar el proceso actual de construcción de postes de concreto”.....	92
5.2.	Discusión del resultado del segundo objetivo: “Evaluar desempeño de los trabajadores, suplementos y cálculo del tiempo estándar y productividad”.....	93
5.3.	Discusión del resultado del tercer objetivo: “Propuesta de mejora de métodos y tiempos para línea de producción de postes de 13 metros y 9 metros.”.....	94
5.4.	Discusión del resultado del tercer objetivo: “Comparar la productividad de la mano de obra directa para ver el impacto”.....	95
VI.	CONCLUSIONES.....	96

VII. RECOMENDACIONES.....	97
Referencias.....	98
ANEXOS .....	100

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Proyección de la demanda de postes en Postes del Norte. ....	7
Tabla 2 Calificación del desempeño .....	20
Tabla 3 Porcentaje del tiempo suplementario asignado a cierta área.....	23
Tabla 4 Operacionalización de las variables.....	40
Tabla 5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos .....	42
Tabla 6 Tamaño de estructura por tamaño de poste .....	47
Tabla 7 Cantidad de alambres por peso de estructura .....	47
Tabla 8 Cálculo del tamaño de muestra para los postes de 9 metros.....	59
Tabla 9 Cálculo del tamaño de muestra para los postes de 13 metros .....	60
Tabla 10 Evaluación del desempeño .....	61
Tabla 11 Evaluación de suplementos por proceso.....	61
Tabla 12 Tiempo Estándar por proceso de producción de los postes de 9 metros	62
Tabla 13 Tiempo Estándar por proceso de producción de los postes de 13 metros	63
Tabla 14 Mantenimiento en Caldera .....	64
Tabla 15 Mantenimientos en CENTRIFUGA.....	65
Tabla 16 Mantenimientos en GRUA PRODUCCIÓN .....	66
Tabla 17 Mantenimientos en MOLDES .....	67
Tabla 18 Precio promedio ponderado de la producción de postes de 13 y 9 metros. .....	67
Tabla 19 Tiempo de paradas al año (horas) .....	68
Tabla 20 Tiempo de producción por poste (de 13 y 9 metros).....	68
Tabla 21 Costo de producción perdida.....	69
Tabla 22 Tiempo de funcionamiento entre fallos de las máquinas 2020 .....	69
Tabla 23 Tiempo de funcionamiento entre fallos de las máquinas 2021 .....	70
Tabla 24 Identificación del tipo de distribución para los tiempos entre fallos de la Caldera.....	71
Tabla 25 Identificación del tipo de distribución para los tiempos entre fallos de la Centrifuga.....	72
Tabla 26 Identificación del tipo de distribución para los tiempos entre fallos de la Grúa de Producción .....	73

Tabla 27	Identificación del tipo de distribución para los tiempos entre fallos de los moldes.....	74
Tabla 28	Simulación de los tiempos entre fallos en caldera.....	75
Tabla 29	Simulación de los tiempos entre fallos en Centrifuga .....	75
Tabla 30	Simulación de los tiempos entre fallos en Grúa de producción .....	76
Tabla 31	Simulación de los tiempos entre fallos en los moldes.....	76
Tabla 32	Mantenimiento Predictivo 2021 .....	77
Tabla 33	Capacitaciones de mantenimiento 2021.....	78
Tabla 34	Nuevo tiempo estándar para la producción de postes de 9 metros.....	79
Tabla 35	Nuevo tiempo estándar para la producción de postes de 13 metros .....	79
Tabla 36	Producción y productividad de la línea de postes de 9 metros. ....	80
Tabla 37	Producción y productividad de la línea de postes de 13 metros .....	80
Tabla 38	Producción mensual por cada línea de postes con la mejora. ....	81
Tabla 39	Tiempos por proceso productivo de postes de 9 metros .....	81
Tabla 40	Actividades Productivas e improductivas .....	82
Tabla 41	Tiempos por proceso productivo de postes de 13 metros .....	82
Tabla 42	Actividades Productivas e improductivas .....	82
Tabla 43	Tiempo estándar por proceso y total para los postes de 9 metros.....	83
Tabla 44	Tiempo estándar por proceso y total para los postes de 9 metros .....	84
Tabla 45	Productividad del recurso humano en la producción de postes de 9 metros .....	85
Tabla 46	Productividad del recurso humano en la producción de postes de 13 metros.....	85
Tabla 47	Plan de mejora .....	86
Tabla 48	Productividad con la mejora.....	87
Tabla 49	Productividad actual.....	87
Tabla 50	Variación de la Productividad .....	88
Tabla 51	Flujo de Caja Proyectado .....	90
Tabla 52	Evaluación Económica .....	90
Tabla 53	Estadística Descriptiva .....	91
Tabla 53	Estadística Inferencial.....	91

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Proyección del coeficiente Electrificación Nacional 2012 - 2022.....	3
Figura 2	Proyección del coeficiente Electrificación Rural 2012 - 2022 .....	3
Figura 3	Producción de Postes de concreto en el Perú - 2015 .....	4
Figura 4	Producción de postes 2019.....	5
Figura 5	Simbología .....	25
Figura 6	Diagrama Hombre Máquina .....	27
Figura 7	Diagrama de operaciones .....	28
Figura 8	Diagrama de Recorrido .....	30
Figura 9	Diagrama de Análisis del proceso .....	32
Figura 10	Logo de Postes del Norte .....	44
Figura 11	Diagrama de análisis del proceso de producción de postes de 9 metros	55
Figura 12	Diagrama de análisis del proceso de producción de postes de 13 metros .....	57
Figura 13	Identificación del tipo de distribución para los tiempos entre fallos de la caldera.....	71
Figura 14	Identificación del tipo de distribución para los tiempos entre fallos de los Centrifuga.....	72
Figura 15	Identificación del tipo de distribución para los tiempos entre fallos de la Grúa de Producción .....	73
Figura 16	Identificación del tipo de distribución para los tiempos entre fallos de los moldes.....	74
Figura 17	Protectores auditivos.....	78
Figura 18	Tasas de interés por préstamos en los bancos según SBS .....	89

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Diagrama Causa - Efecto sobre la baja productividad .....	100
Anexo 2 Lista de verificación de los Therbligs.....	101
Anexo 3 Diagrama de procesos bimanual.....	102
Anexo 4 Calificación para la habilidad.....	103
Anexo 5 Calificación para el esfuerzo .....	103
Anexo 6 Calificación para las Condiciones.....	104
Anexo 7 Calificación para la Consistencia.....	104
Anexo 8 Postura .....	105
Anexo 9 Vibraciones.....	106
Anexo 10 Ciclo Breve.....	106
Anexo 11 Ropa Molesta .....	107
Anexo 12 concentración .....	107
Anexo 13 Ansiedad .....	108
Anexo 14 Tensión Visual.....	108
Anexo 15 Ruido.....	109
Anexo 16 Emanaciones de Gas .....	109
Anexo 17 Polvo .....	110
Anexo 18 Suciedad .....	110
Anexo 19 Presencia de Agua .....	111
Anexo 20 Producción de postes.....	111
Anexo 21 Guía de Entrevista.....	112



## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Problema de investigación

En Colombia según Olaya (2021) en un comunicado de la Escuela de Administración, Finanzas e Instituto Tecnológico en Medellín indicó que la industria de la construcción se ha visto envuelta por la coyuntura actual del COVID-19 ya que es uno de los sectores más importantes del desarrollo económico del país y a nivel mundial. A raíz del coronavirus se han paralizado todos los proyectos que se han planeado a lo largo del 2020 – 2021, pero con la reactivación económica del país los indicadores de producción y de trabajo han aumentado indicando que es un sector muy importante el cual se le debe dedicar todo el esfuerzo para la reactivación económica debido a que genera trabajo y disminuye la pobreza en los hogares devastados a causa de la pandemia. El análisis hecho por la Universidad indicó que en los indicadores macroeconómicos de la construcción si es que se paraliza el sector la inversión privada cae y las inversiones en nuevas obras también caen, pero por su contraparte no existe una baja demanda de edificaciones por lo que es importante mantener activo este sector. Al activarse del sector construcción la demanda de electrificación, la zona en residenciales de edificaciones aumenta por lo que si es que la activación económica con relación al sector construcción aumenta la demanda de postes también aumenta.

Por otro lado el, Observatorio de la organización Internacional del Trabajo (OIT, 2021) Indicó que la productividad en las empresas de los países desarrollados aumentado generando una brecha enorme entre los países subdesarrollados por lo que en vista de que somos un país subdesarrollado, la productividad en realidad ha disminuido con relación a la productividad mundial por lo que actualmente los niveles de desempleo a causa del coronavirus y la baja productividad han generado una brecha de ingresos entre los países desarrollados y subdesarrollados de 18 a 1, De lo que antes en el 2005 era de 17.5 a 1. Según la organización Internacional del Trabajo es importante que las zonas que se reincorporen

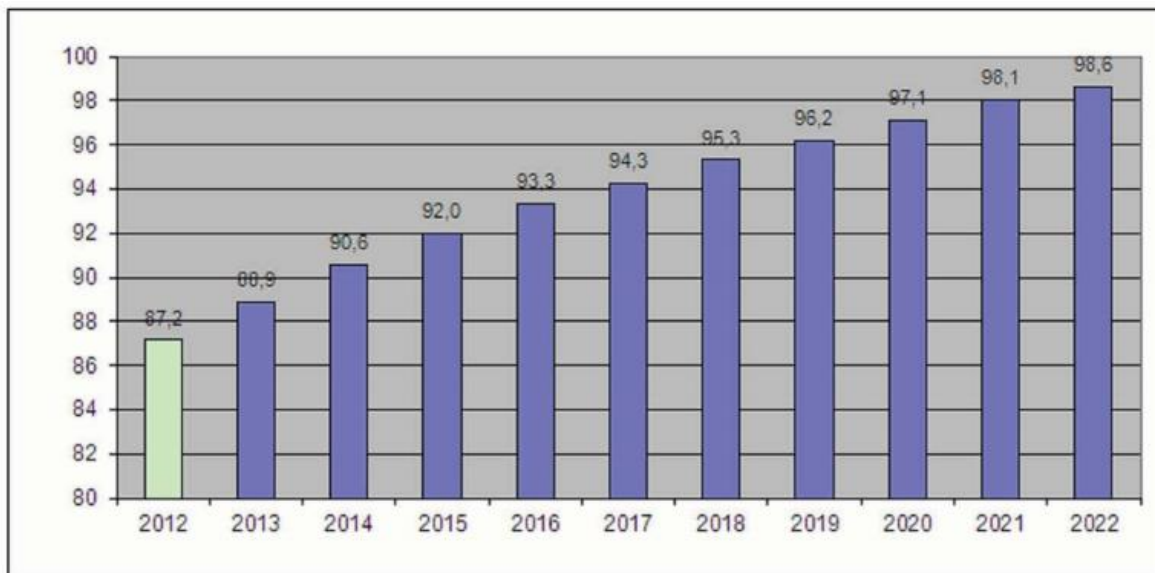
a trabajar estén correctamente vacunadas con las dosis necesarias para evitar la propagación del COVID-19 y trabajar con menos preocupaciones aumentando el ritmo de producción y generando una mayor productividad en las empresas.

A nivel nacional según el diario el peruano (2020) indicó que el sector construcción se está recuperando a raíz del Covid – 19 y a lo largo del 2021 se previó un avance significativo según el BCR se obtuvo buenos resultados en los últimos meses en los que permitieron una proyección de un crecimiento del 13% en las operaciones y por otro lado, también se previó que existirá un crecimiento del 3.8% con relación al año 2021 para el 2022. a partir de marzo del 2020 el comportamiento de crecimiento que tuvo el sector construcción decayó un 46.25%, en abril cayó un 90.26%, en mayo cayó un 66.73%, en junio cayó un 42.71%, en julio un 12.89%, en agosto 6.7% y en septiembre empezó el aumento con la reactivación económica que se dio con un crecimiento de 4.8% del sector construcción y para octubre también se vio un crecimiento de 8.84%. el crecimiento que se viene dando por la reactivación económica en el sector construcción involucra a que todas las empresas del sector mejoren sus procesos sus métodos de trabajo y eleven su producción con la finalidad de mantener una productividad elevada ya que como como país subdesarrollado la zona nacional y un 63% en la zona rural. Cabe resaltar que se evidencia un crecimiento en la electrificación en todas las zonas del Perú, ya sea rural, nacional o urbana.

En el Perú actualmente se está ejecutando un plan para la electrificación nacional y rural con proyecciones mostradas en el gráfico 1 y 2 (Ministerio de Energía y Minas, 2012)

Figura 1

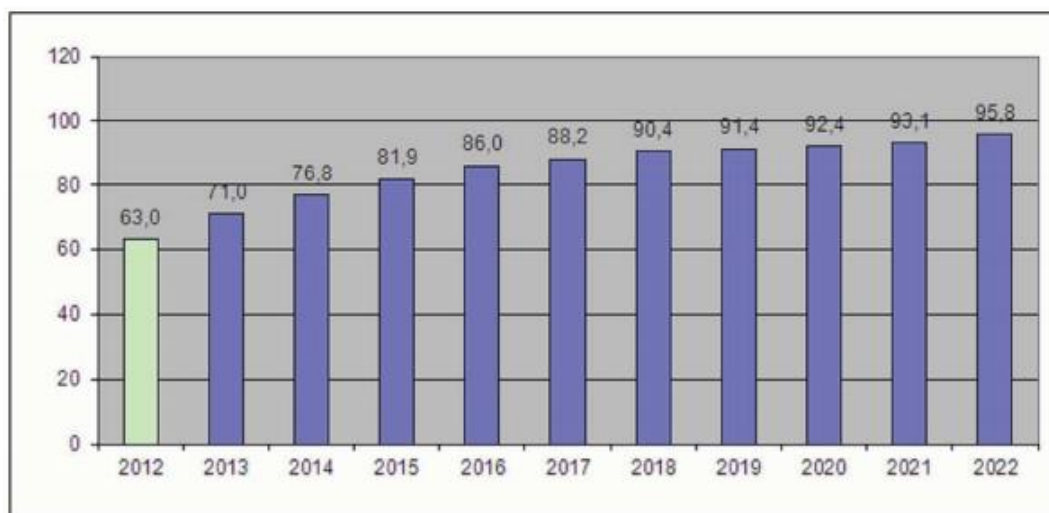
*Proyección del coeficiente Electrificación Nacional 2012 - 2022*



Nota: La figura muestra las estimaciones del coeficiente de electrificación nacional, en la cual se aprecia al año 2022 el 98.6% de las zonas nacionales del país, tendrán electricidad.

Figura 2

*Proyección del coeficiente Electrificación Rural 2012 - 2022*

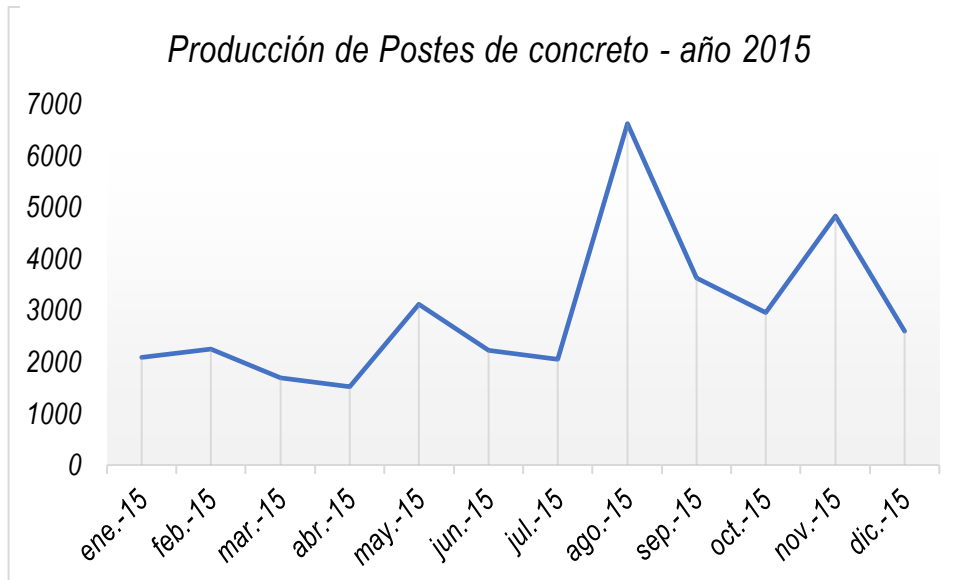


Nota: La figura muestra las estimaciones del coeficiente de electrificación rural, en la cual se aprecia al año 2022 el 95.8% de las zonas rurales del país, tendrán electricidad.

La electrificación nacional influye directamente en la producción de postes ya sea para el alumbrado público o postes de alta tensión. Con relación a la producción de postes, según la relación de principales productos de empresas del índice de volumen física de la producción manufacturera en 2015 (Ministerio de la Producción, 2015)

Figura 3

*Producción de Postes de concreto en el Perú - 2015*

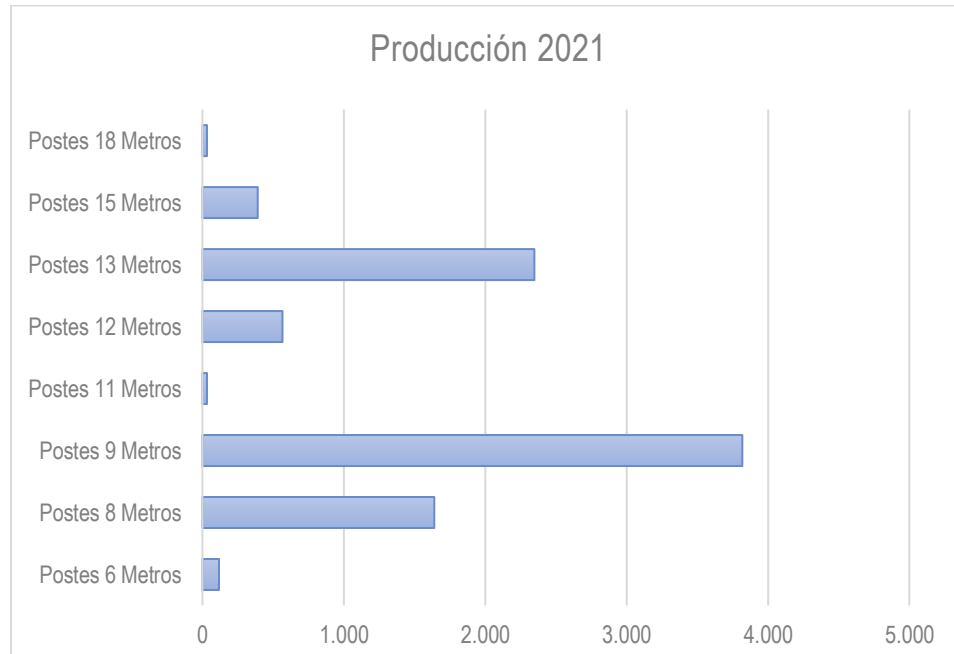


Nota: La figura muestra la producción mensual de postes en el Perú

En este contexto Postes del Norte S.A. es una empresa productora y comercializadora de postes de concreto armado y compactados por medios de centrifugación y vibración, desde los tamaños de 6 a 18 metros de altura, de acuerdo con las necesidades y requerimientos del cliente.

Figura 4

*Producción de postes 2021*



Nota: El gráfico muestra que el tipo de poste producido en el año 2021.

Con relación a la producción promedio mensual de postes al año 2021, se muestra la figura 4 la producción de postes del año 2021.

Según la Figura 4, se aprecia que la producción mensual de postes está dominada por la producción de postes de 9 metros, con un volumen de producción de 3819 unidades en el año 2021, seguido de los postes de 13 metros con 2300 unidades.

#### 1.2. Descripción del problema

En Postes del Norte S.A. se evidencia problemas que influyen negativamente en la productividad de la línea de producción de postes de concreto, según el diagrama causa efecto mostrado en el anexo 1; En consecuencia se buscará mejorar la metodología de trabajo desde el primer proceso que se involucra o forma parte del valor añadido del producto hasta el final; estableciendo de esta manera un tiempo estándar adecuado y a partir de ello aumentar la productividad de la línea de producción de postes de concreto.

Según el Anexo 1, en el diagrama causa efecto se determinaron las causas que influyen en la baja productividad en la línea de producción de

postes en la empresa Postes del Norte S.A., las cuales fueron las siguientes:

- Con relación al medio ambiente tienen malas condiciones de trabajo, ya que existe elevado nivel de ruido en los procesos, también existe una falta de orden en producción para realizar las actividades, ello entorpece las actividades desempeñadas por los colaboradores. La empresa al ser una empresa productora de postes, la mayoría de las actividades se hacen al aire libre, por lo que la elevada temperatura de la zona es un factor muy importante para el desempeño, influye mucho en el cansancio del operario, lo que limita la eficiencia de sus actividades lo que se traduce en una baja productividad en la producción de postes.
- En relación con las medidas, no existe un control en la metodología de trabajo, no hay control en la producción, no está implementado un sistema de medición del desempeño, la falta de indicadores para el control de las actividades limitan a la empresa para la capacidad de un planeamiento óptimo de la producción lo que algunas veces no puede cumplir con las metas demandadas por los clientes, lo que hace que pierda algunos clientes por falta de capacidad y ello se traduce en una baja productividad.
- En relación con la mano de obra tanto la falta de coordinación en las actividades desempeñadas como la mano de obra no calificada genera un elevado tiempo de operación de las actividades, la falta de interés y compromiso de los operarios entorpecen las actividades realizadas, lo cual se traduce en una baja productividad en la línea de producción de postes.
- En relación con la materia prima, existen un exceso de mermas en el área de producción porque la materia prima es de mala calidad o al realizar la mezcla no es uniforme, lo que ocasiona que se generen fisuras y excesos de mezcla derramada de los postes, ocasiona exceso de costos en materiales y reproceso que no eleva el valor del

producto, lo cual se traduce en una baja productividad en la línea de producción de postes.

- Con respecto a la maquinaria, las averías inesperadas por las piezas deterioradas generan que existan fugas en la construcción de los postes, además no cuentan con instrumentos especializados para algunas actividades, además existen máquinas deterioradas las cuales no uniformizan bien la mezcla por lo que se genera desperdicio al momento de quitar los moldes y unidades con muchos defectos, razón por la cual se obtiene una baja productividad en la línea de producción de postes.
- En relación con el método tienen una metodología deficiente o empírica para sus procesos, no existe una metodología para el uso correcto de la maquinaria y herramientas proporcionadas, no cuentan con un estándar de trabajo, por lo que algunos procesos tardan más de lo que debería tardar, además al no realizar los procesos eficientemente, generan elevado desperdicio ya sea de material o tiempo, por lo que bajan la productividad de la línea de producción de postes.

Según el estudio de la demanda de postes en la tabla 1, para los siguientes años, se evidencia una creciente demanda de postes para los próximos 5 años tomando en cuenta la información histórica de ventas que posee la empresa.

Tabla 1

*Proyección de la demanda de postes en Postes del Norte.*

Descripción	Proyección de la demanda de postes									
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Postes 6 Metros	86	106	87	100	117	116	121.6	127.2	132.8	138.4
Postes 8 Metros	1322	1382	1545	1463	1,640	1686	1757	1829	1901	1972
Postes 9 Metros	3322	3314	3386	3591	3,819	3868	3995	4122	4249	4376
Postes 11 Metros	34	35	29	29	32	29	28	27	26	24
Postes 12 Metros	534	498	539	508	566	551	559	566	573	580
Postes 13 Metros	2206	2003	1910	2151	2,348	2253	2296	2340	2383	2426
Postes 15 Metros	301	373	337	348	391	396	412	427	443	458

Postes 18 Metros      25    26    30    28    32    33    35    36    38    39

Nota: La tabla muestra la proyección de la demanda de postes para los 5 futuros años en la empresa Postes del Norte.

Se evidencia que debe mejorar sus procesos y el método de trabajo para lograr satisfacer la demanda proyectada de postes para los futuros años.

### 1.3. Formulación del problema

¿En qué medida un estudio de tiempos y movimientos permitirá mejorar la productividad de la línea de producción de postes de concreto en la empresa Postes del Norte S.A. 2023?

### 1.4. Objetivos

#### 1.4.1. Objetivo general

- Realizar un estudio de tiempos y movimientos para incrementar la productividad del proceso de fabricación de los postes en la empresa Postes del Norte S.A. para el año 2023.

#### 1.4.2. Objetivos específicos

- Diagnóstico de la situación actual en la productividad de la de la fuerza laboral en la producción de postes
- Evaluar, seleccionar, delimitar los procesos críticos. analizar el método de fabricación actual
- Proponer un nuevo método de trabajo y estandarizar.
- Determinar la productividad de la mano de obra de la propuesta y evaluar.

### 1.5. Justificación

- Este trabajo se realiza porque en la empresa Postes del Norte S.A. tiene la prioridad de mejorar el tiempo y los movimientos asignados a las actividades de la línea de producción de postes de concreto; dado que según su perspectiva son deficientes en relación con su competencia;



y de esta manera mejorar la productividad de dicha línea de producción; enfocándose en la estandarización de los tiempos y movimientos óptimos; y consecuentemente posicionarse como una de las empresas líderes en producción de postes de concreto en el Perú.

- Este trabajo podrá utilizar los conocimientos existentes sobre la estandarización de tiempos; y de esta manera poder demostrar la fiabilidad de estos mismos con un enfoque aplicativo en la línea de producción de postes de concreto para el incremento de la productividad; buscando diferenciarse de las diferentes empresas del sector.
- Después de haber culminado y comprobado que mejora la productividad en relación con la línea de producción de postes de concreto, este trabajo de investigación podrá ser utilizado como guía para otros trabajos de investigación o también para otras empresas del mismo sector y así poder contribuir con el desarrollo competitivo del País.
- Se justifica en un aspecto metodológico debido a que se emplearán procedimientos correctos para la recolección de información y extracción de datos. Es importante puesto que informa a los investigadores el tipo de investigación, enfoque, etc. Esta investigación quedará como material para futuros investigadores que estén interesados en los estudios de tiempos y movimientos.

## II. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1. Antecedentes

Para el desarrollo de la presente investigación se tomó como referencia la revisión de las siguientes investigaciones:

Según Hidalgo G. (2017) en su en su investigación para optar el título de ingeniero industrial con título “Aplicación del estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad en la línea de impresión serigráfica de la empresa mejor IMAGEN E.I.R.L, CARABAYLLO, LIMA, 2017”. Tuvo como objetivo definir metodologías de trabajo con

indicaciones, imágenes y procedimientos adecuados para llegar a percibir un cambio positivo en la productividad en el área de impresiones, por medio de la aplicación de un estudio de tiempos y movimientos. Aplicaron herramientas de mejora como diagramas de análisis del proceso, mano derecha – mano izquierda, de operaciones, layout. Se modificó unas herramientas con la finalidad de apoyar al desplazamiento de las cajas apiladas, además se modificó el diseño de las máquinas manuales, de tal manera que aumenten la velocidad para realizar el proceso de impresión. La investigación finaliza con el aumento de la productividad M.O. en 15.83% en la línea de impresión serigráfica. Con la aplicación de una nueva distribución de máquinas se redujo el ciclo 10 segundos y por último la producción óptima se incrementó en un 12.37% en la línea de impresión. El aporte de la presente investigación es estudio de movimientos que será aplicado en la presente investigación.

Según Tapia D. (2017) en la investigación que le dio el título de ingeniero industrial, “Estudio de tiempos y métodos para la mejora de la productividad en la línea de producción de colchones en la empresa MONLOP S.A. LIMA, 2017”. Cuyo objetivo fue aumentar la productividad que posee la línea de producción de colchones en la organización. Empleó herramientas como diagrama de análisis de procesos, diagramas de recorridos, diagramas de Pareto, diagramas de Ishikawa, distribución de planta, estudio de movimientos. La investigación determinó que el estudio incrementó la productividad de la línea de producción de colchones en un 28%, percibiendo una ganancia monetaria adicional comparada con el mes anterior de S/.106,500.00 soles. Se logró disminuir el tiempo en el área producción en 15 minutos, aumentando la eficiencia de producción en un 13%. Se logró disminuir un 43% el tiempo total de elaboración de un colchón en la empresa Monlop S.A., ya que anteriormente tenía un tiempo aproximado de 44 minutos, logrando disminuir el tiempo a 25 minutos. El aporte de la presente investigación es la determinación de la situación inicial en la que se encuentra la empresa.

Según Rupay Claros (2017); en la investigación que le dio el título de ingeniero industrial, “Aplicación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad en la fabricación de garruchas de bronce, SERMEFIT SAC, Los Olivos, 2017”. El estudio realizado está enfocado en aumentar la productividad de la línea de fabricación de garruchas de bronce, estudiando nuevos métodos y procedimientos con los cuales le mejoren la eficiencia de fabricación, disminuyendo el porcentaje de actividades improductivas que permitan disminuir el tiempo de ciclo; demostrando que con la mejora del método, incrementa la eficiencia de 81% a 88%; así mismo una mejora sustancial de 8.64%; asimismo después de elaborar un diagrama de recorrido propuesto apoyado de un diagrama de análisis del proceso en el cual se eliminó los recorridos de traslados, también los movimientos y actividades improductivas que se mantenían en el proceso, luego se evaluó el cambio en 60 días, obteniéndose una mejora de 40% a un 92%, así mismo un aumento porcentual del 130%. Por otro lado, este trabajo aporta con una guía para el análisis de diagrama bimanual, actividades del proceso y operaciones del proceso.

Según Sánchez P. (2017), en la investigación que le dio el título de ingeniero industrial, “Estudio del Trabajo en la Línea de Producción de Platos al Wok para incrementar la Productividad en el Restaurante Bambú – Independencia 2016”. La presente investigación nació con la problemática que existe demoras en la producción de platos salteados, con la finalidad de resolver esta problemática se realizó un estudio de trabajo, por la cual se aumentó la productividad de la mano de obra de 83.17% a 94.25%, percibiéndose un cambio de 13.32% de aumento en la productividad de la M.O. Con relación a la eficacia que posee la empresa, aumentó de 92.04% a 97.96%, la eficiencia incrementó por la aplicación del estudio de trabajo de 90.35% a 96.21% en la empresa restaurante Bambú. La presente investigación nos aportó con la aplicación de la eficiencia y eficacia para el estudio de trabajo, que también se aplicará en la presente investigación.

Según Ruiz A. (2018) en la investigación que le dio el título de ingeniero industrial, “Estudio de métodos de trabajo en el proceso de llenado de tolva para mejorar la productividad de la empresa Agrosemillas Don Benjamín E.I.R.L.”. La presente investigación surge a raíz de las deficiencias en el proceso de llenado de tolva en la organización, por el cual se planteó el objetivo de aumentar la productividad de la organización mejorando el proceso de llenado de la tolva por medio de un estudio de trabajo. Se realizó un estudio de tiempo por cronometraje retorno a cero, para realizar la estandarización del tiempo actual y luego evaluar la aplicación de la mejora de métodos midiendo nuevamente el tiempo estándar y comparando. Se aplicó un muestreo de trabajo en la actividad de limpieza ya que al tener descuidada esta actividad, demanda mucho tiempo para su realización. Realizó diagramas de recorrido, diagramas de análisis de operaciones y diagramas de flujo del proceso. En conclusión, con la propuesta de mejora se logró incrementar la productividad del proceso de llenado de tolva en 48.93% el volumen libre en el almacén por hora hombre empleada, se incrementó la productividad de la materia prima en un 1.05%, con relación a la productividad de la energía se incrementó un 7.41%, con relación a la mano de obra se incrementó un 25.53% y por último, la productividad del área de producción aumentó en 1.9%. La presente investigación nos aporta con el cálculo de la productividad que también se aplicará en la presente investigación.

## 2.2. Marco Teórico

### 2.2.1. Estudio de Movimientos

Son los movimientos que realiza un operario al realizar distintas actividades cuidadosamente, a detalle. El propósito del estudio de los movimientos es eliminar los movimientos que no agregan valor al producto y reemplazarlos por movimientos eficientes, más rápidos y exactos. Estos movimientos si son optimizados los índices de producción se elevarán, puesto que las tareas se realizarían en menor tiempo. Según los Gilbreth, establecieron leyes básicas para la economía de movimientos, para identificar si es que se puede economizar los movimientos se muestra una lista de verificación de la economía de movimientos en el anexo 2. (García Criollo, 1998)

### 2.2.2. Movimientos Básicos

Según los Gilbreth los movimientos básicos se presentan en 17 combinaciones básicos, llamados Therbligs que es el nombre "Gilbreth" al revés, estos movimientos algunos son eficientes e ineficientes. Los therbligs ineficientes deben ser eliminados o sustituidos por eficientes, la eliminación de los ineficientes se realiza mediante la economía de movimientos del anexo 2.

<b>Therbligs eficientes</b> (Avanza el progreso del trabajo directamente. Puede reducirse, pero es difícil eliminarlo completamente).		
<b>Therblig</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
Alcanzar	RE	“Mover” la mano vacía hacia o desde el objeto; el tiempo depende de la distancia recorrida; por lo general es precedido por “Liberar” y seguido por “Sujetar”.
Mover	M	“Mover” la mano cargada; el tiempo depende de la distancia, el peso y el tipo de movimiento; por lo general es precedido por “Sujetar” y seguido por “Liberar” o “Posicionar”.
Sujetar o tomar	G	“Cerrar” los dedos alrededor de un objeto; comienza a medida que los dedos tocan el objeto y termina cuando se ha ganado el control; depende del tipo de sujeción; por lo general, es precedido por “Alcanzar” y seguido por “Mover”.
Liberar	RL	“Soltar” el control de un objeto, típicamente el más corto de los therbligs.
Preposicionar	PP	“Posicionar” un objeto en una ubicación predeterminada para su uso posterior; por lo general ocurre en conjunto con “Mover”, como cuando se orienta una pluma para escribir.
Utilizar	U	“Manipular” una herramienta para el uso para el que fue diseñada; fácilmente detectable, a medida que avanza el progreso del trabajo.
Ensamblar	A	“Unir” dos partes que embonan; por lo general es precedido por “Posicionar” o “Mover” y seguido por “Liberar”.
Desensamblar	DA	Es lo opuesto a “Ensamblar”, pues separa partes que embonan; por lo general es precedido por “Sujetar” y seguido por “Liberar”.
<b>Therbligs ineficientes</b> (No avanza el progreso del trabajo. Si es posible, debe eliminarse)		
<b>Therblig</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
Buscar	S	Ojos o manos buscan un objeto; comienza a medida que los ojos se mueven para localizar un objeto.
Seleccionar	SE	“Seleccionar” un artículo de varios; por lo general es seguido por “Buscar”.
Posicionar	P	“Orientar” un objeto durante el trabajo, por lo general precedido por “Mover” y seguido por “Liberar” (en oposición a <i>durante</i> en Preposicionar).
Inspeccionar	I	“Comparar” un objeto con el estándar, típicamente a la vista, pero podría ser también con los demás sentidos.
Planear	PL	“Pausar” para determinar la acción siguiente; por lo general se lo detecta como un titubeo que precede a “Mover”.
Retraso inevitable	UD	Más allá del control del operario debido a la naturaleza de la operación, por ejemplo, la mano izquierda espera mientras la derecha termina una búsqueda prolongada.
Retraso evitable	AD	El operario es el único responsable del tiempo ocioso, por ejemplo, toser.
Descanso para contrarrestar la fatiga	R	Aparece periódicamente, no en cada ciclo; depende de la carga de trabajo física.
Parar	H	Una mano soporta el objeto mientras la otra realiza trabajo útil.

Gráfico 1 Therbligs Eficientes e ineficientes

Nota: El gráfico muestra la simbología de cada therbligs con su descripción.

De acuerdo con los 17 movimientos, estos se pueden plasmar en un diagrama de operaciones para las manos, también conocido como diagrama de procesos bimanual (Benjamin W. & Andris, 2009).

### 2.2.3. Diagrama de Procesos Bimanual

El diagrama de procesos bimanual (Ver anexo 3) es un diagrama que analiza los movimientos realizados por cada mano de acuerdo con los therbligs empleados por cada mano, determinando si es que el movimiento usado es eficiente o no, de acuerdo con la tabla de therbligs.

Para realizar un diagrama de procesos bimanual se debe poner en la parte superior del formato todas las especificaciones las cuales son empleadas para realizar dicho diagrama:

- Nombre de la operación y descripción.
- Qué número de diagrama es.
- Si el método empleado es el actual o el propuesto.
- Fecha y nombre de la persona que lo realizó.

Luego se debe bosquejar el área de trabajo a escala, con todos los detalles que sean pertinentes a la investigación.

Posteriormente la persona encargada de la investigación empieza a construir el diagrama bimanual por medio de la observación directa al personal que está realizando la actividad y empieza a describir qué movimiento está empleando (con la simbología del therbligs empleado) para cada una de las manos tomando el tiempo ya sea cronometrado o por medio de información audiovisual (lo más recomendable).

Finalmente, después de haber culminado el diagramado de las tareas desempeñadas por ambas manos, la persona encargada del análisis realiza un resumen en la parte inferior de la hora, el cual debe indicar los tiempos de ciclo, cantidad de piezas por ciclo, tiempo por cada pieza.

Una vez terminado el diagrama bimanual el analista puede establecer alternativas de mejora, para la eliminación de los therbligs ineficientes tomando como referencia los principios de la economía de movimientos:

1. Definir la mejor secuencia de therbligs (teóricamente)
2. Determinar la variación en el tiempo con el uso de cierto therbligs al ser sustituido por otro y determinar la causa.
3. Identificar, examinar y analizar los titubeos para eliminarlos del proceso.
4. Mantener énfasis en los ciclos y en las partes terminadas con el menor tiempo. Analizar las desviaciones entre sí y determinar las causas que generan dichas desviaciones para regularlas posteriormente. (Niebel & Freivalds, 2012)

#### 2.2.4. Estudio de tiempos

Es el análisis de cierta actividad midiendo el tiempo bajo ciertas condiciones en las que se desempeña la actividad, con la finalidad de obtener un estándar de tiempo óptimo considerando el desempeño que el operario tiene y las condiciones en las que se realiza el trabajo.

Para realizar un estudio de tiempos hay que considerar lo siguiente:

- ✓ Para que sea estándar el tiempo en que se realiza una actividad, el empleado tiene que conocer el proceso exacto o a la perfección.
- ✓ El método de trabajo empleado ya tiene que estar estandarizado, es decir que exista una serie pasos para realizar la actividad óptimamente.
- ✓ El empleado tanto como el supervisor y el sindicato deben tener conocimiento que se le está evaluando en la actividad que desempeña en la organización.
- ✓ El que realiza la investigación tiene que estar inmerso en el proceso y tiene que tener todas las herramientas requeridas para llevar dicha investigación a cabo.



- ✓ El equipo que debe emplear el que realiza la investigación por lo menos debe de tener son un cronómetro, un formato impreso para la toma de tiempos y calculadora. Equipo adicional que ayuda a la facilitación de la investigación son celulares, filmadora, cronómetros electrónicos y una laptop.
- ✓ Al trabajador se le debe percibir tranquilo y el analista no debe intervenir ni ejercer algún tipo de presión sobre el trabajador. (López, 2001)

#### 2.2.5. Tiempo Observado:

El tiempo observado es el tiempo en el cual se lleva a cabo una actividad en la cual desempeña un operario de manera habitual se puede cronometrar con un cronometraje continuo o con un cronometraje con retorno a cero; eso significa que en el cronometraje continuo se analiza continuamente todo el flujo productivo todas las actividades que están involucradas en el proceso productivo para luego establecer los intervalos de inicio y fin para obtener el tiempo observado; por otro lado, en el cronometraje de vuelta a cero cuando están definidas las actividades y se cronometra cada actividad en la cual después de haber terminado esa actividad se vuelve a reiniciar el cronómetro para poder seguir con la medición del tiempo. La fórmula del tiempo observado se calcula mediante el promedio del tiempo de todas las observaciones, pero antes de calcular el promedio se tiene que eliminar los tiempos que son exagerados por algún motivo o causa externa al trabajo ya sea por alguna necesidad básica por ejemplo ir al baño o por algún retardo de material que es inesperado para el colaborador (Niebel & Freivalds, 2012)

Cálculo del tiempo Observado (O):

$$TO = \frac{\sum \text{Tiempos cronometrados}}{\text{Tamaño de muestra cronometrada}}$$

#### 2.2.6. Tiempo Normal:

Es el tiempo observado tomando en cuenta la calificación del desempeño según los parámetros establecidos por Westinghouse.

Calificación del desempeño: Porcentaje asignado con respecto a la habilidad, esfuerzo, consistencia y condiciones en las que se realiza la actividad productiva, es un factor subjetivo que determina el analista, puede ser igual, mayor o menor a 100%.

Cálculo del tiempo normal (TN):

$$TN = TO * \textit{Factor de ritmo de trabajo}$$

### Método de calificación del desempeño Westinghouse

La calificación del desempeño de Westinghouse es el análisis del trabajo que ejerce un operario al realizar alguna operación repetidas veces, tomando en cuenta la habilidad, esfuerzo, condiciones laborales y consistencia.

- **La habilidad:** Es la capacidad que tiene una persona por realizar las actividades más rápido con el mínimo esfuerzo y obteniendo un resultado favorable. (Niebel & Freivalds, 2012). (Ver anexo 4)
- **El esfuerzo:** Es la intención que tiene un operario para realizar el trabajo encomendado con efectividad. El esfuerzo con habilidad se traduce en esfuerzo efectivo, con tiempos veloces para culminar la operación, esfuerzo sin habilidad se traduce en esfuerzo mal dirigido, puesto que tiempo que le toma es similar pero el esfuerzo es mayor. (Ver anexo 5)
- **Las condiciones** Son los factores en los cuales el operario es sometido a realizar la labor que afecta sólo al operario, no a la operación, que afectan el desempeño del trabajo, algunos factores son, el exceso o falta de visibilidad (luz), ruido, suciedad, ventilación etc. (Ver anexo 6)
- **La consistencia** es la capacidad que posee del operario para terminar la actividad encomendada de forma homogénea, se representa en tiempos elementales similares, sin mayores desviaciones, dudas o inconsistencia en los movimientos. (Benjamin W. & Andris, 2009) (Ver anexo 7)

Para la presentación de la calificación del desempeño del operador se presenta en un cuadro resumen, tal y como se muestra en la tabla 1:

Tabla 2  
*Calificación del desempeño*

Factor de Desempeño			
Factor	Representación	Descripción	Calificación
Habilidad	E1	Regular	-0.05
Esfuerzo	E1	Regular	-0.04
Condiciones	E	Regulares	-0.03
Consistencia	D	Media	0
Suma	S		-0.12
Agregar unidad	AU		1
Factor de desempeño			0.88

Nota: El factor de desempeño es la suma de la calificación evaluada con relación a la habilidad, esfuerzo, condición y consistencia agregando la unidad.

#### 2.2.7. Tiempos Suplementarios (S):

En los estudios de tiempos es necesario calcular el porcentaje de fatiga que al operario le afecta en la organización, es fundamental para establecer un tiempo estándar óptimo. Sin embargo, no hay un criterio universal al respecto ya que incluso la Organización Internacional del Trabajo ((OIT), 2013) no llega nunca a definir una norma, sino que plantea unas recomendaciones de manera didáctica para que sean usadas por las partes afectadas si así lo consideran oportuno.

Según la OIT presenta las siguientes recomendaciones porcentuales que se debe adicionar para poder cuantificar el porcentaje de fatiga que mantienen los operarios:

- **Postura:** La postura en el campo de trabajo es un factor muy crucial puesto que si está mal posicionado puede generar incomodidades para que los operarios realicen sus operaciones diarias con dificultad. (Ver anexo 8)

- **Vibraciones:** La exposición a las vibraciones en el trabajo no es solamente algo molesto. Se sabe que esta actividad, cuando es constante, causa graves problemas médicos, tales como dolor de espalda, dolor de cabeza, mareos, síndrome del túnel carpiano, trastornos vasculares, también cervicalitis o dorso lumbalgias, por el espondilo artrosis de columna. Esta se produce por los pequeños microtraumatismos repetidos y calcificaciones de los discos intervertebrales (Ver anexo 9)
- **Ciclo Breve:** son movimientos que son repetitivos en periodos muy cortos de tiempo en una operación y tienen tiempos de ejecución casi iguales. (Ver anexo 10)
- **Ropa Molesta.** Este suplemento es por causa de usar una ropa que impida desempeñar al 100% las actividades realizadas por el trabajador, ya sea por seguridad, higiene o lo que de mande el trabajo, claros ejemplos son los guantes quirúrgicos, cascos de protección, lentes para soldar, ropa completa de protección, etc. (Ver anexo 11)
- **Concentración:** La concentración mental es un estado en que el individuo está enfocado en realizar una actividad, perturbar la concentración implica que desarrolle mal la operación. La concentración es vital para el estudio y el trabajo. (Ver anexo 12)
- **Ansiedad:** Estado mental que se caracteriza por una gran inquietud, una intensa excitación y una extrema inseguridad. (Ver anexo 13)
- **Tensión Visual:** Es cuando el ambiente no cumple con las condiciones lumínicas óptimas para realizar el trabajo por el operario. (Ver anexo 14)
- **Ruido:** El ruido es la sensación auditiva desagradable percibida por el operario, la cual interrumpe con las operaciones cotidianas del operario. (Ver anexo 15)

- **Emanaciones de Gases:** En el trabajo cuando se trabaja con materiales quizá tóxicos ejemplo el cloro, se debe tener una seguridad extrema pues este tipo de gas afecta la salud en el trabajador. (Ver anexo 16)
- **Polvo:** Son partículas sólidas que interfieren con la labor del operario, algunas provocan asfixia por parte del operario se caracteriza por tener un diámetro menor a 500 micrómetros, son dañinos para la salud y es la causa principal de las enfermedades del pulmón. (Ver anexo 17)
- **Suciedad:** La suciedad, es todo residuo de algún proceso que no se ha retirado completamente del lugar de trabajo. (Ver anexo 18)
- **Presencia de Agua:** La presencia agua emite vapores que pueden ser nocivos para la salud, ejemplo el llenado de agua en los pulmones. ((OIT), 2013) (Ver anexo 19)

Para la presentación del porcentaje asignado para el tiempo suplementario, se presenta un cuadro resumen de los suplementos que existe en el área de trabajo específica como se muestra en la tabla 2:

Tabla 3

*Porcentaje del tiempo suplementario asignado a cierta área*

Suplementos en etiquetado		
Factor	Descripción	Calificación
Postura	Sentado	0%
Necesidades	Necesidades personales	5%
Vibraciones	No hay vibraciones	0%
Ciclo Breve	No hay Ciclo breve	0%
Ropa molesta	No existe suplemento por ropa	0%
Concentración/ Ansiedad	No hay suplemento	0%
Tensión Visual	-4%	4%
Ruido	80 decibeles	3%
Emanaciones de Gas	Trabajo con cloro	3%
Polvo	No hay presencia de Polvo	0%
Presencia de agua	Trabajo en lugar Húmedo	2%
Suciedad	Suciedad polvo o basura	2%
Calificación de Suplementos (suma)		19%

Nota: la presente tabla muestra los suplementos que existen en cierta área de trabajo, se obtiene al sumar todos los suplementos por los cuales se evaluó dicha área de trabajo.

#### 2.2.8. Tiempo Estándar:

Es el tiempo en que se espera que realice una actividad u operación, considerando las condiciones en las que se está laborando, suplementos y el desempeño que tiene el operario frente al trabajo, sin mostrar algún síntoma de fatiga laboral. Para determinar un estándar de tiempo para una operación es necesario que el operario esté muy familiarizado con el proceso, tiene que estar calificado, adiestrado y trabajando a un ritmo normal. (Portillo, 2008).

Cálculo del Tiempo Estándar (TS):

$$TS = \frac{\text{Tiempo normal (TN)}}{1 - \text{Tiempos Suplementarios (\%S)}}$$

## 2.2.9. Flujogramas

### 2.2.10. Diagrama de flujo del proceso

Es un gráfico en la que se muestra las secuencias que siguen las operaciones y actividades que están incluidas dentro de un proceso, son identificados de acuerdo al tipo de operación que se le clasifica. Aparte de ello posee toda información requerida para el análisis de recorridos, tiempos de actividades y cantidades de actividades de acuerdo al tipo de operación (García Criollo, 1998)

Los tipos de actividades que se clasifican son:

- **Operación:** Existe cuando existe una transformación de un objeto en el proceso productivo o se le agrega algo para la siguiente operación, inspección, transporte o almacenaje.
- **Transporte:** Es cuando se traslada un objeto o grupo de un punto a otro, sin considerar los transportes dentro de una operación o inspección.
- **Demora:** Existe cuando en el proceso productivo se detiene el operario por cualquier causa que no tenga nada que ver con el proceso productivo, ejemplo búsquedas de materiales, falta de materiales, falta de interés del operador, etc.
- **Almacenaje:** Existe cuando se agrupan objetos en cierto punto del proceso productivo a la espera de ser procesados para la siguiente operación o sean repartidos a la venta (cuando son productos finales).
- **Inspección:** Verificación crítica de la operación para ver si es que el producto o servicio fue realizado de acuerdo con las especificaciones técnicas o del cliente.
- **Operación Inspección:** Existe cuando en una operación se verifica si esta ha sido realizada de acuerdo con las especificaciones técnicas o del cliente requeridas, ejemplo cuando hacemos una medición, realizas la operación de medir



y a la vez verificas si es que está en el margen permitido por las especificaciones técnicas o del cliente.

En la siguiente figura se muestra el conjunto de símbolos que se emplea en el diagrama de procesos (Benjamin W. & Andris, 2009)





















<p><b>Operación</b></p>  <p>Un círculo grande indica una operación, como</p>	 <p>Clavar</p>	 <p>Mezclar</p>	 <p>Taladrar orificio</p>
<p><b>Transporte</b></p>  <p>Una flecha indica transporte, como</p>	 <p>Mover material mediante un carro</p>	 <p>Mover material mediante una banda transportadora</p>	 <p>Mover material transportándolo (mediante un mensajero)</p>
<p><b>Almacenamiento</b></p>  <p>Un triángulo representa almacenamiento, como</p>	 <p>Materia prima en algún almacenamiento masivo</p>	 <p>Producto terminado apilado sobre tarimas</p>	 <p>Archiveros para proteger documentación</p>
<p><b>Retrasos</b></p>  <p>Una letra D mayúscula indica un retraso, como</p>	 <p>Esperar un elevador</p>	 <p>Material en un camión o sobre el piso en una tarima esperando a ser procesado</p>	 <p>Documentos en espera a ser archivados</p>
<p><b>Inspección</b></p>  <p>Un cuadrado indica inspección, como</p>	 <p>Examinar material para ver si está bien en cuanto a cantidad y calidad</p>	 <p>Leer el medidor de vapor en el quemador</p>	 <p>Analizar las formas impresas para obtener información</p>

Figura 5  
Simbología

### 2.2.11. Diagrama hombre – maquina (H-M)

Se emplea para analizar y mejorar las estaciones de trabajo que cuentan con una máquina apoyado de un operario, es decir redefinir el método de trabajo considerando los tiempos ociosos del operario y de la máquina. En el diagrama H-M se muestran separadamente el tiempo que funciona la máquina con sus varios elementos y el tiempo del operario, así como la relación de las operaciones; siendo así una representación gráfica de trabajo coordinado y tiempo de espera de uno o más hombres o una combinación entre máquinas y hombre; describiendo las relaciones de dos o más secuencias simultáneas de actividades para la misma escala de tiempos. La función que cumple este gráfico es visualizar la secuencia de actividades que se realiza con relación al tiempo de utilización de la máquina y de la mano de obra, para obtener un tiempo optimo en cada proceso; es por eso que la gráfica describe un ciclo completo de la actividad y se relaciona arbitrariamente un punto inicial de actividades y se grafica hasta que llegar el ciclo.

Para el desarrollo de esta grafica se deben de colocar los datos en forma horizontal, como ser el hombre y las máquinas y verticalmente se colocarán los tiempos de cada una de las actividades que al final nos determinarán el ciclo. Camilo Jananía, (2008). En el gráfico 6 se muestra un ejemplo de Diagrama H-M.

	Hombre	Máquina 1	Máquina 2	
0.60	Carga M. 1	Carga	Maquinado	
0.63	Inspecciona M. 1	Maquinado	0.65	
0.65	Traslada M. 2			
1.10	Descarga M. 2		Descarga	
1.70	Carga M. 2		Carga	
1.73	Inspecciona M. 2		Maquinado	
1.75	Traslada M. 1			
3.60	Inactivo			3.00
4.05	Descarga M. 1			Descarga
				4.70

$$T_c = \frac{4.05 \text{ minutos}}{2 \text{ piezas}}$$

$$= 2.025 \text{ minutos por pieza}$$

$$\text{Producción por hora} = \frac{\text{Minutos por hora}}{\text{Minutos por pieza}} = \frac{60 \text{ min/hr}}{2.025 \text{ min/pz}} = 29.63 \text{ piezas por hora}$$

$$\text{Tiempo inactivo del hombre} = 1.85 \text{ minutos del ciclo}$$

$$\text{Tiempo inactivo de la máquina} = 0 \text{ minutos del ciclo}$$

$$\text{Tiempo trabajado por el hombre} = 2.20 \text{ minutos del ciclo}$$

$$\text{Tiempo trabajado por la máquina} = 3.00 \text{ minutos del ciclo}$$

Figura 6

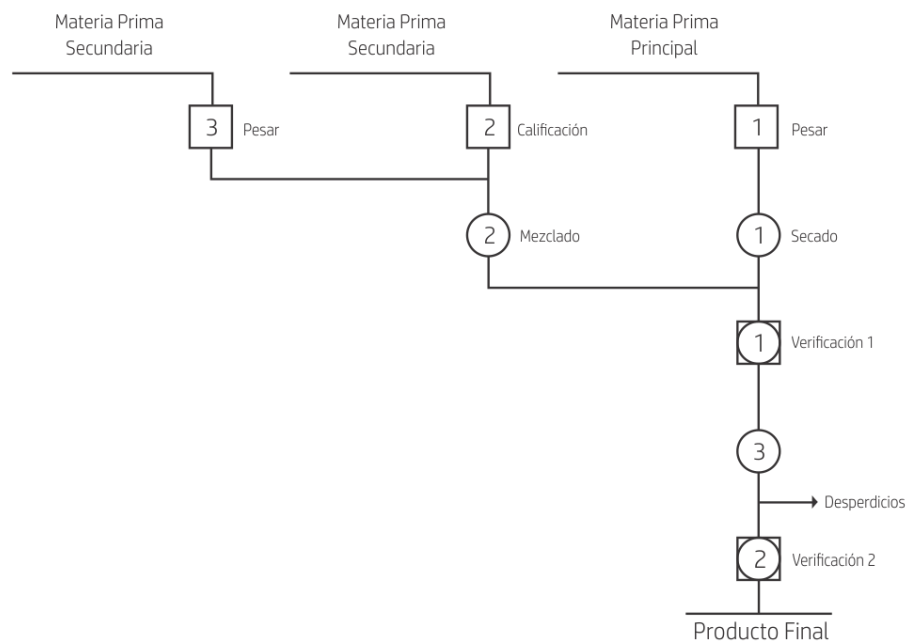
*Diagrama Hombre Máquina*

### 2.2.12. Diagrama de Operaciones (DOP)

El Diagrama de Operaciones (DOP) Es un gráfico en el que se visualiza de manera simbólica el proceso productivo o de un servicio, mostrando las inspecciones y operaciones que se realiza, también su combinación. Las actividades realizadas son enumeradas, contabilizando su tiempo y los materiales que ingresan en cada parte en el proceso productivo. Se realiza con el fin de comprobar su eficiencia sin tener en cuenta quien desarrolla la actividad. Tiene por objetivos:

- ❖ Dar a conocer la secuencia del proceso productivo.
- ❖ Permite el estudio de manera sistémica.
- ❖ Da a conocer qué materiales ingresan y en qué tiempo.
- ❖ Mejora el flujo de materiales, con el propósito minimizar los tiempos.
- ❖ Permite la eliminación de operaciones o combinación de estas.

Figura 7  
*Diagrama de operaciones*

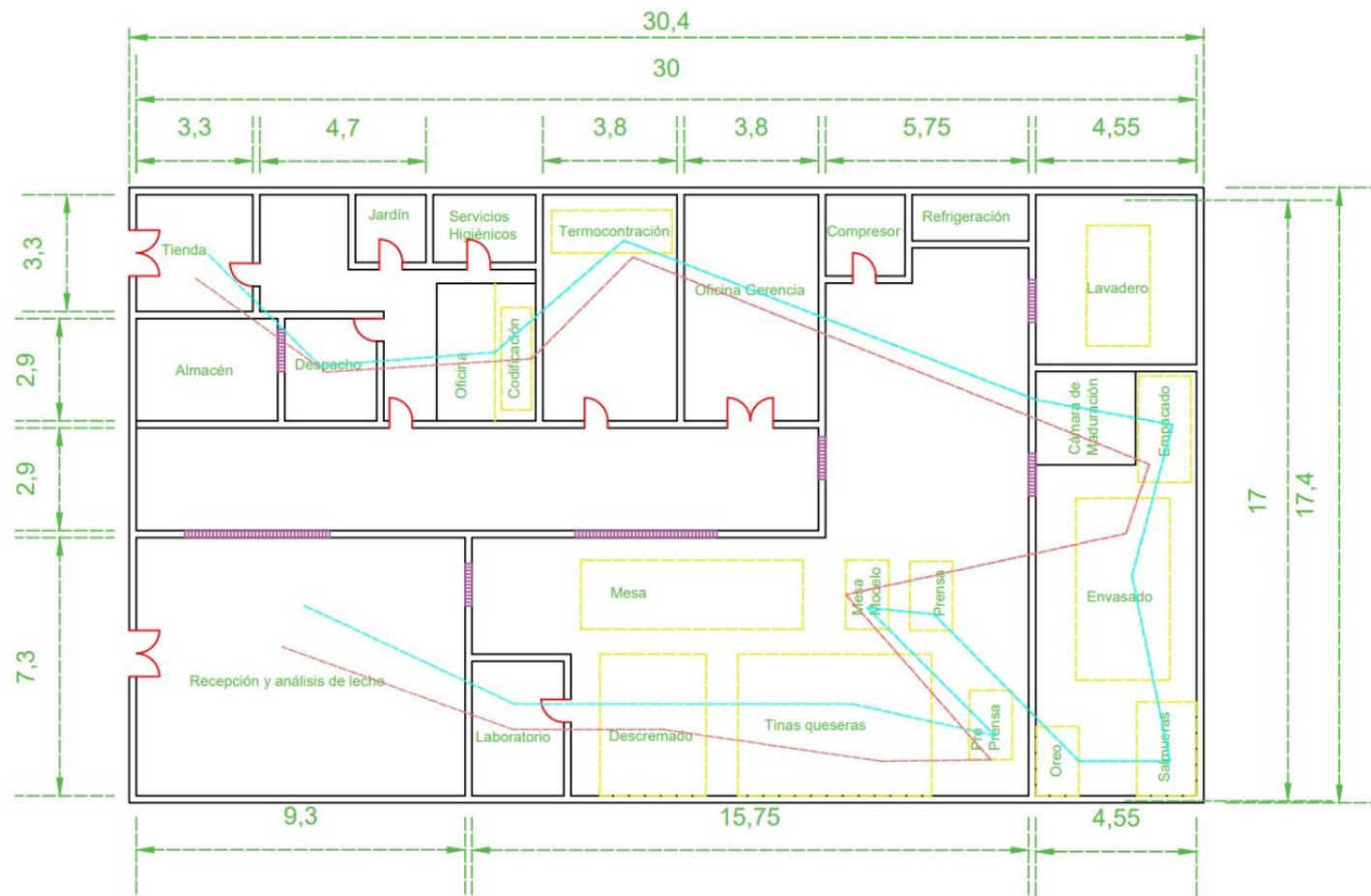


### 2.2.13. Diagrama de Recorrido

El diagrama de recorrido o Lay Out es la esquematización de las áreas funcionales de la empresa y sus equipos o máquinas con la finalidad de obtener y visualizar los desplazamientos realizados por cada línea de producción, a partir del cual se muestra una visión global de la empresa a fin de mejorarla, el empleo del diagrama de recorridos sirve para minimizar la carga de recorrido de los operarios y obtener procesos más rápidos y fluidos, esta aplicación incrementa la productividad de la organización al reducir los recorridos.

El diagrama de recorrido es un plano en el cual se detalla todos los recorridos que realiza el operario a través de cada área funcional para poder lograr el producto terminado. Este diagrama se genera a partir del croquis de la distribución que tiene la planta o y área de trabajo en donde están identificadas todas las máquinas equipos herramientas y componentes de los cuales este el operario se va a trasladar de un equipo a otro con el fin de dar un ordenamiento con la finalidad de minimizar la carga (García Criollo, 1998)

Figura 8  
 Diagrama de Recorrido









#### 2.2.14. Diagrama de análisis del proceso

Es un gráfico en el que se muestra la secuencia de actividades que forman parte de un proceso, analizando las operaciones, inspecciones, demoras, transportes o almacenamientos; en la que almacena toda la información pertinente para realizar un análisis, tiempos, cantidades de operaciones por naturaleza y recorridos. Tiene como objetivo:

- ❖ Tener una imagen secuencial del proceso completo
- ❖ Tener a disposición los procesos de manera sistemática.
- ❖ Ver de manera amplia y detallada los recorridos que realizan los operarios en la planta.
- ❖ Dar a conocer los tiempos de cada operación detallada y total.
- ❖ Conocer las cantidades de operaciones productivas e improductivas.
- ❖ Permite reducir o anular demoras.
- ❖ Permite la simplificación o combinación de las Actividades.

Figura 9

Diagrama de Análisis del proceso

Diagrama:		DAP N°02	ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO				
Producto:		Postes de 13 metros	Operación	38					
Proceso:		Completo	Operación-Inspección	6					
Lugar:		Postes del Norte	inspección	2					
Método		Actual	Transporte	11					
Cantidad:		1 poste 13 metros	Demora	3					
Elaborado por:	Anghela Peña	Fecha:	25/10/2020	Almacenamiento	3				
Aprobado por:		Fecha:		Total de Distancia (m)	194				
DESCRIPCIÓN	SIMBOLO						Tiempo (hr)	Distancia (m)	OBSERVACIONES
	0	1	2	3	4	5			
									
Mezclar cemento y arena gruesa	0						0.25		Rondanas
Agregar 2 litros de agua y mezclar	1						0.3333		
La mezcla se vierte en moldes en la máquina de rondanas	3						0.25	12	
Se limpia los excesos de los moldes y superficies.	0						0.2		
Control de Calidad	2						0.0833		
Almacenamiento	5								
Habilitación de anillos En la roladora eléctrica.	0						0.3333		Trabajos preliminares
Habilitación de alambre para espiral: para postes chicos de hasta 13 metros.	0						0.3333		
Habilitación de alambre N°16 para amarre de anillos a los fierros de la estructura	0						0.1667		
traer rondanas del almacén a la mesa de estructuras	3						0.1667	24	
cargar fierro de 3/8 según el tipo de poste a la mesa de estructuras	0						0.3333		
colocar las rondanas 1 por cada metro en todo lo largo del fierro y en todos los	0						0.75		
Habilitación de soldadura: sacar del almacén soldador	3						0.1667	24	
los fierros 3/8 son colocados en la zona de soldado	3						0.24	12	Armado de Estructuras
Empalmado con soldadura	0						0.4		
Soldar los anillos al fierro central que este tendido en la mesa.	0						0.5		
Soldar el resto de fierros en el primer y último anillo	0						0.2		
Amarrar los fierros desde el segundo hasya el penultimo (para no debilitar la es	0						0.3		
Soldar los anillos para pines por pareja, uno en el fierro inferior y otro en el fierro	0						0.12		
Colocar espiral con alambre N°16	0						0.1		
Colocar la señal de identificación interna en el último anillo (base).	0						0.06		
Bajar de la mesa la estructura y transporte a almacén	3						0.3	6	
Almacenamiento.	5								



#### 2.2.15. Productividad

La productividad es la relación obtenida entre la producción y los recursos empleados para llevar a cabo esa producción la productividad se puede medir con distintos recursos empleados Por lo que es un indicador clave para llevar el control entre los costos y los bienes obtenidos en una organización (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006)

#### 2.2.16. Definición

la productividad se define como la relación entre la producción obtenida y todos los recursos empleados para llevar a cabo esa producción que por lo general se evalúa en una sola unidad que es la unidad monetaria o costo Por otro lado también se puede subdividir entre distintas productividades debido a que se puede comparar por 1 o más factores.

La productividad sirve para medir muchos aspectos laborales ya sea el rendimiento de un operario, de la máquina, de la línea de producción, de los procesos con la finalidad de maximizar el indicador.

#### 2.2.17. Importancia de la productividad

La importancia de la productividad radica en que es un indicador clave para poder medir el rendimiento que va generando la empresa Por otro lado es un indicador en el cual puedes asignar el salario a cada trabajador de acuerdo a la producción que esté realiza diariamente semanalmente o mensualmente por lo que es importante también en un aspecto económico puesto que para lograr una producción objetivo es importante cuidar de los recursos empleados para poder obtener una máxima productividad la mejor manera de aumentar o maximizar la productividad es mediante un estudio de tiempo y métodos de trabajo. (Schroender, Meyer, & Rungtusanatham, 2012)

#### 2.2.18. Factores para mejorar la productividad

Mejorar la productividad existen dos tipos de factores los cuales intervienen los factores externos que es la situación política social o económica que se encuentra en la coyuntura actual de un país el clima laboral la disponibilidad de

recursos ya sea materiales o financieros la facilidad del transporte y la facilidad de obtener un recurso humano que sea apropiado para realizar el proceso productivo

Por otro lado, también existen factores internos los cuales son duros o blandos. Se consideran factores internos duros los que son difíciles de cambiar estos pueden ser la tecnología, el equipo, el tipo de materia prima a emplear y Aspectos estructurales. Por consiguiente, los factores internos blandos son los que son fáciles de cambiar éstos pueden ser la metodología de trabajo, los procedimientos que se realizan en los trabajos y las cantidades de actividades que se realiza por proceso. (Marcelino & Ramírez, 2014)

#### 2.2.19. Medición de la productividad

La medición de la productividad se puede realizar diaria, semanal o mensualmente debido a que cada 1 de estos factores se obtiene una producción, y para lograr aquella producción se ha requerido una cierta cantidad de recurso por ende la medición más fácil de la productividad es en función a las horas empleadas para realizar dicha producción:

$$Productividad = \frac{Producción}{Horas Hombre empleadas}$$

#### 2.2.20. Tipos de productividad

##### Productividad parcial

También existen tipos de productividad la productividad parcial es la productividad que mide ciertos factores que puede ser 1 o más factores, pero no la totalidad de los factores que conllevan a dicha producción estos factores pueden ser materia prima en kilogramos recurso humano en horas o en cantidad de personas inversión de capital cantidad de energía empleada y sus combinaciones

$$Productividad = \frac{Producción Obtenida}{Insumo empleado}$$

El insumo empleado puede ser los factores que se han mencionado como materia prima horas hombre cantidad de operarios cantidad de energía o la combinación de estos

- Mano de obra en Horas o Unidades monetarias.

La productividad parcial de la mano de obra se caracteriza por evaluar la relación que existe entre la producción obtenida por cada hora hombre empleada esta hora hombre puede ser toda la fuerza laboral también se hablaría de una producción de toda la fuerza laboral o por operario que indica lo que produce un operario en una hora de trabajo Por otro lado también se puede medir la hora de trabajo o mejor dicho se lo puede medir con el costo de la hora de trabajo.

$$Productividad\ M.O. = \frac{Producción}{Horas\ Hombre}$$

$$Productividad\ M.O. = \frac{Producción}{\$(Horas\ Hombre)}$$

- Materia prima principal por cantidades (kilogramos o unidades) o unidades monetarias

la productividad parcial de la materia prima se puede dar en 2 casos al igual que el de las horas hombre ya que en primer lugar se puede relacionar la producción obtenida en base a la cantidad en kilogramos o toneladas de materia prima principal empleada o también por el costo de la materia prima empleada para la producción obtenida

$$Productividad = M.P. \cdot \frac{Producción}{Tn\ Materia\ Prima}$$

$$Productividad\ M.P. = \frac{Producción}{\$(Tn\ Materia\ Prima)}$$

- Costo de energía.

Por otro lado la productividad de la energía se mide por los kilowatts hora que consumes al realizar cierta producción por lo general esto se mide mensualmente por cada recibo de luz que se da usualmente mensual para una producción requerida se puede medir por los kilowatts consumidos y también por el costo empleado en los kilowatts que se han consumido

$$Productividad\ Energía = \frac{Producción}{Kwh}$$

$$Productividad\ Energía = \frac{Producción}{\$(Kwh)}$$

- Múltiples factores.

Por otro lado la productividad de los múltiples factores es cuando consideras uno o más factores para determinar la productividad combinada, estos factores por lo general se pueden agrupar bajo una misma unidad o sea transformándolos en unidades monetarias para que se puedan sumar por ejemplo las horas hombre con la materia prima y así poder obtener una productividad en base a 2 o más factores

$$Productividad = \frac{Producción}{\$MP + \$MO + \$E}$$

#### Productividad Global.

Por otro lado, también está la productividad global que es la relación entre la producción total puede ser mensual y todos los costos relacionados para lograr esa producción durante ese mes.

$$Productividad = \frac{Producción}{Insumos\ totales\ en\ unidades\ monetarias}$$

#### 2.2.21. Ventajas de incrementar la productividad

Los beneficios que genera el incremento de la productividad son producciones elevadas mayor acaparamiento del mercado mayor facilidad de trabajo para los colaboradores mayor oportunidad laboral en vista de que pueden abarcar más mercado sea hay opción para los vendedores con el aumento de la productividad y la mejora continua se llega a pensar y a concretar la expansión del negocio invirtiendo en tecnología investigación y desarrollo Por otro lado aporta en la diversificación de los negocios por los cuales abre mayor oportunidad laboral para la sociedad y también un incremento salarial entre los empleados

### 2.3. Marco Conceptual

- *Demora*: Cualquier interrupción de la rutina de trabajo que no ocurre en el ciclo de trabajo típico. (Benjamin W. & Andris, 2009)
- *Elemento*: División del trabajo que se puede medir con un cronómetro y que tiene puntos terminales o de quiebre fácilmente identificables.
- *Estación de trabajo*: Área donde el operario realiza los elementos de trabajo de una operación específica.
- *Eficiencia*: es una medida que muestra que se obtiene el resultado deseado con el mínimo de insumos; es decir, se genera cantidad y calidad y se incrementa la productividad (GUTIERREZ PULIDO, 2009).
- *Estudio de movimientos*: Según Meyers (2000) los estudios de movimientos pueden ahorrar un porcentaje mayor de costos de manufactura que cualquier otra cosa que pudiéramos hacer en una planta de manufactura.
- *Estudio de tiempos*: definición según Calla (2015) define como una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número de observaciones, el tiempo para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido.
- *Estudio del trabajo*: es el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando (KANAWATY, 1994).
- *Ingeniería de métodos*: Según García ( 1998). Es el conjunto de procedimientos sistemáticos de las operaciones actuales para introducir mejoras que faciliten más la realización del trabajo y permita que este sea hecho en el menor tiempo posible y con una menor inversión por unidad producida.
- *Insumo*: Es cualquier elemento que se necesite como para la elaboración de algún producto. (Kamawaty, 1996)

- *Muestreo del trabajo*: Es un método para analizar el trabajo tomando en cuenta la cantidad de observaciones con la finalidad de establecer un estándar en el trabajo desempeñado. (García Criollo, 1998).
- *Producción*: Es el proceso donde se genera la mayor parte del valor agregado del producto en las empresas. (Salazar López, 2016)
- *Proceso*: Conjunto de actividades relacionadas entre sí que se aprecia en una serie de pasos organizados, que se realizan de forma simultánea, con la finalidad de llegar a una meta establecida. (Salazar López, 2016)

#### 2.4. Hipótesis

Realizar un estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad de la línea de producción de postes en la empresa Postes del Norte S.A. para el año 2022.

#### 2.5. Variables

##### 2.5.1. Variable Independiente: Estudio de tiempos y movimientos

Indicadores:

Therbligs Eficientes:

Ecuación 1

*Therbligs*

$$\%Therbligs \text{ Eficientes} = \frac{\text{Número de Therbligs Eficientes}}{\text{Número de Therbligs Totales}} \times 100$$

Actividades Improductivas:

Ecuación 2

*Actividades improductivas*

$$\%Actividades \text{ Improductivas} = \frac{\text{Número de actividades improductivas}}{\text{Número de actividades}} \times 100$$

Tiempo estándar:

Ecuación 3

*Tiempo estándar*

$$\text{Tiempo Estándar} = \frac{\text{Tiempo normal (TN)}}{1 - \text{Suplementos (\%TS)}}$$

*Dónde:*

$$TN = TO \times \text{Factor de ritmo de trabajo}$$

$$TO = \frac{\sum TOi}{n}$$

$$TN = \text{Tiempo normal}$$

$$TO = \text{Tiempo observado}$$

$$\text{Factor de ritmo de trabajo} = \text{Westinghouse}$$

$$TOi = \text{tiempo observado en la muestra } i$$

$$n = \text{Tamaño de muestra}$$

## 2.5.2. Variable Dependiente: Productividad

Indicadores

Tiempo Productivo

Ecuación 4

*Tiempo productivo*

$$\text{Tiempo Productivo(\%)} = \frac{\text{Tiempo Productivo}}{\text{Tiempo de Ciclo Total}} \times 100$$

Productividad de la línea de producción

Ecuación 5

*productividad de la línea de producción*

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Horas Hombre empleadas}}$$

Operacionalización de Variables.

Tabla 4

Operacionalización de las variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Fórmulas	Escala de Medida
Estudio de Métodos y Movimientos	Un estudio de tiempos y movimientos tiene el propósito de estandarizar el tiempo que se debe emplear en el desarrollo de las operaciones o tareas por un trabajador calificado y que ha debido ser entrenado activamente mediante uno o varios métodos, llevando a cabo un trabajo a ritmo normal. (Ramírez, 2006)	El estudio de métodos y tiempos lo compone los movimientos eficientes e ineficientes que se realiza en a lo largo del proceso con el fin de mantenerlo controlado y poder estimar un valor salarial al operario y obtener capacidades de producción requeridas cuando cambie la demanda	<b>Estudio del método del trabajo</b>	<b>Actividades Productivas</b>	$\frac{N^{\circ} \text{ de Actividades Productivas}}{N^{\circ} \text{ Total de Actividades}} \times 100$	Razón
			<b>Estudio del tiempo</b>	<b>Tiempo estándar</b>	$Tiempo \text{ Estándar} = TN * (1 + \%Suplemento)$	Razón
Productividad	Relación entre la producción obtenida y el recurso empleado, ya sea humano, monetario, de materia prima, etc. (Jananía, 2008)	La productividad es la razón de producir más unidades con menos recurso ya sea recurso humano, capital o tiempo, la finalidad es mantener elevado la productividad para que los costos sean mínimos	<b>Productividad</b>	<b>Productividad de la Línea de Producción</b>	$Prod = \frac{Producción \text{ de la Línea}}{Mano \text{ de Obra}}$	Razón
			<b>Ocio</b>	<b>Tiempo productivo</b>	$T. Prod(\%) = \frac{Tiempo \text{ Productivo}}{Tiempo \text{ de Ciclo}} \times 100$	Razón



### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y nivel de investigación.

El tipo de investigación es aplicada según su orientación, porque a través de técnicas de ingeniería industrial, se logrará la mejora de la productividad que permitirá generar beneficios con relación a la productividad de las líneas de producción de postes de 13 y 9 metros de longitud de la empresa Postes del Norte.

#### 3.2. Población y Muestra

##### 3.2.1. Población

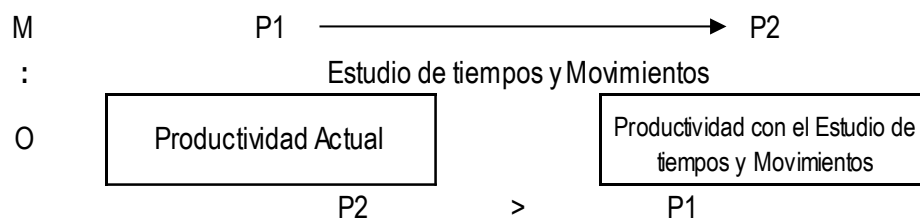
Para el desarrollo de esta investigación la población está conformado por los procesos de la línea de producción de Postes de la empresa Postes del Norte S.A.

##### 3.2.2. Muestra

La muestra está conformada por los procesos de la línea de producción de Postes de la empresa Postes del Norte S.A. de 13 y 9 metros.

#### 3.3. Diseño de investigación

Por ser una investigación descriptiva, el diseño se muestra a continuación



Donde:

M = Muestra

O = Observación

### 3.4. Técnicas e Instrumentos de investigación

Tabla 5

*Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos*

Objetivos	Técnica	Instrumentos / Herramienta	Resultados
Diagnóstico de la situación actual en la productividad de la de la fuerza laboral en la producción de postes	Entrevista	Guía de Entrevista (Anexo 21)	Se determinará la situación actual con relación a la productividad de la mano de obra.
	Revisión documental	formato registro de la producción (Anexo 20 Producción de postes)	
Evaluar, seleccionar, delimitar los procesos críticos. analizar el método de fabricación actual	Observación	Guía de observación de Therbligs (Anexo 2)	El porcentaje de therbligs eficientes, además con base al diagrama de análisis de procesos se obtendrá el tiempo inicial considerando la evaluación del desempeño y las tolerancias
	Análisis documental	Ficha de evaluación de desempeño y tolerancia (Tabla 2 y Tabla 3)	
	Análisis de datos	Diagrama de Análisis del proceso (Figura 9)	
Proponer un nuevo método de trabajo y estandarizar.	Análisis de datos	Estandarización de tiempos (Ecuación 3 Tiempo estándar)	Se obtendrán propuestas de mejora para la productividad en relación con el estudio.
Determinar la productividad de la mano de obra de la propuesta y evaluar.	Análisis de datos	Evaluación de la productividad (Ecuación 4 Tiempo productivo y Ecuación 5 productividad de la línea de producción)	Se obtendrá el aumento de la productividad del proceso producción de postes.

Nota: La presenta tabla muestra que las técnicas que emplearemos en la tesis propuesta.

### 3.5. Procesamiento y análisis de datos.

#### 3.5.1. Descripción de la empresa:

Para analizar la situación actual de la empresa, tomó en cuenta la situación inicial en la que la empresa se encuentra con relación a los tiempos de producción de postes, por lo que se inició tomando en cuenta la descripción empresarial y descripción de los procesos de producción de postes, además se procedió con la elaboración de los diagramas de procesos iniciales para obtener el porcentaje de actividades productivas e improductivas presentes al inicio de la propuesta.

##### a) Descripción de la Empresa

Postes del Norte que se encarga de la construcción y comercialización de postes y elementos de concreto con una excelente calidad con un precio de venta competente en el mercado, la empresa posee una cultura de responsabilidad ya que cumple con las normas técnicas para la producción de sus productos (INDECOPI NTP 339.027 y DGE 015-PD-1 del MEM/DEP), en la que indica el uso de materiales e insumos de la mejor calidad para construir productos con una resistencia y durabilidad alta en el producto final.

Con relación a la formalidad, la empresa tiene ventaja competitiva frente a las demás empresas del mercado ya que una proporción de empresas se encuentra trabajando en la informalidad. La empresa cuenta con mano de obra capacitada y calificada en cada una de las 5 plantas que posee en distintas ciudades del país, equipadas con maquinarias necesarias para la producción al igual que con laboratorios propios.

1. Logo:

**Figura 10**

*Logo de Postes del Norte*



**Nota:** La imagen fue extraída de la página institucional de Postes del Norte S.A.

2. Misión:

Postes del Norte S.A. busca satisfacer las necesidades de nuestros clientes con productos de calidad, elaborados por personal calificado bajo estándares de seguridad, en estricto cumplimiento de la normativa vigente.

3. Visión:

Para el año 2023 la empresa estará posicionada en la zona norte del Perú destacando por el incremento de las ventas y producción en las plantas, manteniendo el enfoque de mejora continua de la calidad, gestión del talento humano, amigable con el ambiente y con responsabilidad social.

4. VALORES ORGANIZACIONALES

✓ Trabajo en Equipo

De manera coordinada y solidaria aportamos lo mejor para el logro de las metas de POSTES DEL NORTE S.A, propiciando un entorno laboral donde nos sentimos felices.

✓ Compromiso

Nos comprometemos a conducirnos con Eficiencia y Eficacia para alcanzar los objetivos propuestos.

✓ Integridad

Cumplimos nuestros compromisos de manera transparente, salvaguardando los recursos de la organización y perseverando en la Rectitud.

✓ Servicio

Procuramos hacer el bien a través de políticas de responsabilidad social identificándonos con las necesidades de nuestros colaboradores, clientes y sociedad.

b) Descripción de los procesos de construcción de postes

Para el desarrollo del primer objetivo se procedió con la descripción de los procesos de fabricación de los productos o estructuras que la empresa comercia. Además, se realizó el diagrama de análisis de procesos en la producción de postes de 9 y 13 metros, ya que son los productos más demandados por los clientes según el gráfico 4, en el que se aprecia que la producción mensual de postes.

*Proceso de construcción de postes de concreto en Postes del Norte S.A.*

1. RONDANAS

MATERIALES

- ✓ 1 bolsa de cemento
- ✓ 1 lata de arena gruesa
- ✓ 1.5 Latas de arena fina
- ✓ 6 litros. Agua

1.1. FABRICACION

- ✓ Mezclar cemento y arena gruesa en el recipiente disponible para la mezcla.
- ✓ Agregar 2 litros de agua y mezclar hasta que quede una masa semiseca.
- ✓ La mezcla se vierte en moldes en la máquina de rondanas hasta cubrir la superficie, luego es compactada con un mazo y un fierro y se vuelve a verter más mezclas hasta cubrir el molde hasta que quede compacto.

- ✓ Se limpia los excesos de los moldes y superficies.
- ✓ Secado de 24 horas y en ese lapso restauran algunas imperfecciones de las rondanas (Control de calidad) en la piscina de almacenamiento.

## 2. ESTRUCTURAS

### 2.1. TRABAJOS PRELIMINARES

- ✓ Habilitación de anillos: anillos para pines con alambre N°8, anillos para la estructura con alambrón de  $\frac{1}{4}$  o fierro de  $\frac{3}{8}$ , según tipo de poste. En la roladora eléctrica.
- ✓ Habilitación de alambre para espiral: para postes chicos de hasta 9 metros. Con alambre N°16, y para postes grandes a partir de 11 metros con alambre N°8. En la roladora manual.
- ✓ Habilitación de alambre N°16 para amarre de anillos a los fierros de la estructura.
- ✓ Habilitación de rondanas: traer rondanas del almacén a la mesa de estructuras
- ✓ Habilitación de fierro: cargar fierro de  $\frac{3}{8}$  o 12 mm según el tipo de poste a la mesa de estructuras y colocar las rondanas 1 por cada metro en todo lo largo del fierro y en todos los fierros.
- ✓ Habilitación de soldadura: sacar del almacén soldadura supecito de  $\frac{1}{8}$ .
- ✓ Revisar el estado operativo de las máquinas de soldar, accesorios, herramientas, equipos de trabajo y EPP'S, antes de iniciar los trabajos.

### 2.2. ARMADO DE ESTRUCTURAS

- ✓ Se empleará el tipo de fierro de acuerdo con el tamaño del poste (9 o 12 metros) en los que se empalmarán con soldadura y con un traslape. Se deja 25 milímetros de fierro en ambos extremos para el recubrimiento de la mezcla:

**Tabla 6***Tamaño de estructura por tamaño de poste*

TAMAÑO DE POSTE	LARGO TOTAL DE ESTRUCTURA
8	7.95
9	8.95
13	12.95

- ✓ Se sueldan los anillos al fierro central que se encuentra sobre la mesa. La separación de cada anillo es de 50 centímetros. Cada medio metro se aumenta 1.5 cm porque la estructura es cónica.
- ✓ Soldar los fierros al primer y último anillo a su alrededor con el fin de tomar forma circular que tienen los postes.
- ✓ En los anillos que no se soldaron los fierros se amarran con alambres para no debilitar la resistencia del fierro.
- ✓ Se suelda los anillos para pines en parejas, uno con el fierro inferior y otro en el superior, esta soldadura ayuda a sujetar el tubo de plástico que forma los pines.
- ✓ Colocar espiral con alambre N°16 o N°8 según el tamaño de la estructura, en toda su longitud y aun paso de 8 centímetros.
- ✓ Colocar la señal de identificación interna en el último anillo (base).

*Tabla 7 Cantidad de alambres por peso de estructura*

Número de Alambres	Carga de Trabajo
Sin alambre	200 kg
1 alambre	300 kg
2 alambres	400 kg

- ✓ Bajar de la mesa la estructura y almacenarla de acuerdo al tipo de poste. Mínimo 3 personas para cargar la estructura, y si son estructuras grandes usar más personas de acuerdo al tamaño.

**2.3. PRODUCCION**

En esta área se trabaja en simultáneo en la preparación de mezcla y el moldeado.

### 2.3.1. MEZCLA

#### MATERIALES:

- ✓ 1 bolsa de cemento
- ✓ 6 latas de piedra de ½"
- ✓ 3 latas de arena gruesa
- ✓ 18 litros de agua

Se prende la mezcladora y se agregan en simultaneo todos los materiales y se mezclan mínimo 3 minutos, hasta quedar la mezcla uniforme. De acuerdo al tamaño del poste se preparan tandas de 2 o 3 bolsas. La capacidad de la mezcladora es para 3 bolsas de cemento.

### 2.3.2. MOLDEO O LLENADO

- ✓ El molde se encuentra inicialmente en el suelo, el cual es levantado por el tecele por la base y se coloca en bancos para el llenado. La base se encuentra sobre los bandos y la tapa en el suelo.

### 2.3.3. LIMPIEZA DE MOLDE

#### BASE:

- ✓ Se limpia todo el residuo que queda de la anterior producción que se pudo quedar, se puede emplear una espátula como apoyo.
- ✓ El molde es limpiado con un trapo.
- ✓ Se engrasa el molde con una mezcla de petróleo y grasa. Con el fin de facilitar el desmolde después que el poste esté listo.
- ✓ Al momento de colocar la parrilla se verifica si es que en el fondo de la base está seco, si no está seco, se limpia el exceso de petróleo. Además, se mide de la nace hacia arriba y se marca con una tiza para centrar la parrilla.

#### TAPA:

Juntamente con el llenado, se realiza:



- ✓ Se limpia todo el residuo que queda de la anterior producción de la tapa, se puede emplear una espátula como apoyo.
- ✓ Limpiar el molde con un trapo.
- ✓ Limpiar las 3 placas que se encuentran adheridas al molde.
- ✓ Embarrar la tapa con petróleo.
- ✓ Verificar si es que la tapa tiene excedente de petróleo.

#### BRIDA DELANTERA

- ✓ Limpiar con espátula toda la superficie que va a ir pegada al molde. No tirarla al suelo o golpearla con combo para sacar la suciedad.
- ✓ Limpiar con un fierro o espátula el diámetro interior de la brida, para que no quede deforme la circunferencia.
- ✓ Untar con petróleo todo lo limpiado. Se recomienda untar los dos lados y después de centrifugar limpiar el agujaje que sale y de esta forma no se ensucie mucho las bridas y sea fácil su limpieza.

#### BRIDA POSTERIOR

- ✓ Sacarla totalmente de la base del molde, como la brida delantera.
- ✓ Seguir los mismos pasos que la brida delantera.
- ✓ Luego de ser limpiada la base, la parrilla es colocada y se verifica con los 20 cm marcados con la tiza para el primer pin, además también se verifica los 25 milímetros que se usará para el recubrimiento en la base y punta del poste.
- ✓ Los pines y los agujeros son colocados para la puesta a tierra. Un colaborador corta los tubos para los tapones con papel y los pines con el fin de que la mezcla no entre. Otro colaborador coloca los pines en los anillos y se sujeta los pines a los fierros de la estructura. También se coloca el tubo para la puesta a tierra. Otro trabajador coloca el pin de fierro, esto es para la puesta a tierra.
- ✓ Se transporta la mezcla desde la zona de preparación de la mezcla en carretillas, con ayuda de palanas los trabajadores

vierten la mezcla en los en el molde, cuando el contenido de la carretilla está a la mitad, entre 2 trabajadores vierten la mezcla de la carretilla al molde directamente, otro trabajador va uniformizando la mezcla para que entre en todo el molde de manera homogénea. Y finalmente un trabajador con una plancha ovalada da la forma final a la mezcla, quedando al ras de la estructura ovaladamente.

- ✓ Luego del planchado, las platinas laterales de la base del molde del poste son limpiadas por un trabajador y se colocan los cheques antes de que la estructura pueda asentar la tapa.
- ✓ El teclé alza la tapa del molde y es colocado encima de la base. Un colaborador se encarga del centrado de la base con la tapa usando un fierro, con el fin de coincidan los agujeros.
- ✓ Se emperna el molde, uno de la punta hacia la mitad y desde ahí hasta la base. Tras de ellos vienen dos parejas de llaveros ajustando los pernos, uno con llave mixta y otro con llave tipo "T" grande.
- ✓ Luego se empernarse el molde es llevado por el teclé a la zona de centrifugado.
- ✓ Se recoge la mezcla del piso después de cada molde llenado y se lleva a la mezcladora, y de esta forma no se desperdicia la mezcla.

## 2.4. CENTRIFUGADO

- ✓ Se coloca el molde en la centrífuga con el teclé, coincidiendo las ruedas, quedando totalmente centrado.
- ✓ Se activa la centrífuga por 7 minutos para los postes de 9 metros y 10 minutos para los 13 metros.
- ✓ En el centrifugado se tiene que verificar si es que la mezcla no se escapa por las grietas del molde, de ser así, se ajustan los pernos, luego se enciende nuevamente la máquina para realizar nuevamente el centrifugado.
- ✓ Colocar un tubo en la punta del molde una vez terminado el centrifugado, con el fin de que la mezcla no se caiga al cuando se traslade al secado.
- ✓ Traslado del molde a secado con el uso del teclé.

## 2.5. SECADO

- ✓ Posterior al centrifugado, se espera en promedio 10 minutos y se coloca el vapor. Primero en forma lenta y posteriormente se abre más la llave.
- ✓ El secado para los postes chicos es de 2 horas y 3 horas para los postes grandes.
- ✓ Al momento de poner el vapor al molde se anota la hora de inicio en la base del molde, y se revisa a todo lo largo del molde para ver que no escape vapor por los costados. Si no sale vapor por la punta quiere decir que el agujero del poste esta obstruido, en este caso volver a centrifugarlo para formarse nuevamente el agujero y pase el vapor.
- ✓ Después de 20 minutos sacar los tubos puestos en el centrifugado.
- ✓ Después del tiempo necesario, cerrar la llave y sacar la manguera.
- ✓ Un teclé levanta el molde y es llevado para su desempernado y desmolde.

- ✓ Este sistema de SECADO es un método de curado acelerado por vapor, que agiliza el secado en un 90 %, respecto al secado natural, que es de un día para otro.

## 2.6. ACABADOS

### 2.6.1. TRABAJO PRELIMINAR (DESMOLDE)

- ✓ En esta área es traído el molde con el poste seco para ser desempernado y desmoldado.
- ✓ Se realiza el desempernado del molde del poste usando 2 colaboradores.
- ✓ Con ayuda del tecele se alza la tapa del molde y se coloca al lado de la base. Y con ayuda del tecele se desmolda el poste. Cuando el poste ya se ha caído, la base se coloca en su sitio inicial. Los moldes son trasladados a la zona de llenado y el poste a la zona de acabado del poste.

### 2.6.2. ACABADO

- ✓ Para el acabado se emplean 2 colaboradores.
- ✓ Se coloca de costado el poste, con una de las costuras hacia arriba.
- ✓ Se limpia la costura usando un rascador de metal, y otro colaborador abre los huecos de los pines con un combo y una punta.
- ✓ Con un trapo un colaborador echa aguaje encima del poste y el otro lava el poste con el aguaje para que no exista porosidad a lo largo del poste. Luego se voltea el poste y se hace lo mismo en la otra costura.
- ✓ El poste luego de ser sobado es colocado con las costuras hacia los costados y con un trapo de rafia es limpiado, se voltea y se hace lo mismo
- ✓ Con un yute, un colaborador limpia el poste en el que al mismo tiempo otro da el acabado a la punta del poste.

- ✓ Se espera que se seque la punta y la base y luego con una brocha se añade aguaje ligero para uniformizar.
- ✓ Después los postes son transportados a la zona de almacenamiento.
- ✓ Se deben colocar los postes con la placa para arriba ya que facilita el pintado, almacenado y despacho.

## 2.7. ALMACENAMIENTO Y DESPACHO

El traslado de los postes para almacenamiento y despacho se hace con la barra de fierro y de dos puntos con las fajas. (Postes chicos de 3, postes grandes hasta 13 metros de 2, y a partir de 15 metros 1 poste).

### 2.7.1. 1. ALMACENAMIENTO

- ✓ En esta área trabajan dos personas: uno operando la botonera del teclc que está en lo alto del puente grúa. El otro obrero trabaja en el piso y es el que engancha los postes y dirige al que está arriba en el teclc.
- ✓ Antes de levantar los postes, el enganchador revisa que los postes estén bien acabados y solo así levantara los postes para almacenarlos, y si observa algo debe de informar para su inmediata corrección.
- ✓ Un teclc levanta los postes de la zona de tránsito a la zona de almacenamiento y es ubicado los postes en su respectiva cama (ruma de postes) de acuerdo al tipo de poste.
- ✓ Se completa una fila de postes y se pinta la designación del poste, antes de poner otra fila encima. Esto para un mejor y rápido despacho.
- ✓ Los postes sacados del área de acabado y ya almacenados, son echados agua al otro día y por espacio mínimo de 7 días para un buen curado del concreto.

### 2.7.2. DESPACHO

- ✓ De acuerdo a órdenes de oficina se realizan los despachos, previa revisión de la plataforma de la unidad y que debe traer sus

respectivas maderas, tacos, clavos y fajas para su respectivo despacho.

- ✓ Después de completado la carga y de revisar la conformidad, el chofer debe poner las respectivas fajas para sujetar los postes. La unidad puede salir a su destino.

c) Mano de Obra

Las condiciones actuales de trabajo son las siguientes:

- ✓ Se trabajan 8.5 horas de lunes a viernes y los sábados 5 horas, en un solo turno.
- ✓ Se cuenta con una fuerza laboral de 28 trabajadores y 4 líneas de producción (2 llenados de postes, 1 línea de fabricación de parrillas y una línea de fabricación de accesorios).
- ✓ Se trabaja en cuadrillas (cuatro trabajadores por cuadrilla)

**Figura 11**

*Diagrama de análisis del proceso de producción de postes de 9 metros*

Diagrama:		DAP N°01		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO			
Producto:		Postes de 9 metros		Operación	38				
Proceso:		Completo		Operación-Inspección	6				
Lugar:		Postes del Norte		inspección	2				
Método		Actual		Transporte	11				
Cantidad:		1 poste 9 metros		Demora	3				
Elaborado por:		Anghela Peña	Fecha:	25/10/2020	Almacenamiento	3			
Aprobado por:			Fecha:		Total de Distancia (m)	194			
DESCRIPCIÓN	SIMBOLO						Tiempo (hr)	Distancia (m)	OBSERVACIONES
	0	1	2	3	4	5			
Mezclar cemento y arena gruesa	0						0.25		
Agregar 2 litros de agua y mezclar	1						0.3333		
La mezcla se vierte en moldes en la máquina de rondanas	3						0.25	12	
Se limpia los excesos de los moldes y superficies.	0						0.2		
Control de Calidad	2						0.0833		
Almacenamiento	5								
Habilitación de anillos En la roladora eléctrica.	0						0.3333		
Habilitación de alambre para espiral: para postes chicos de hasta 9 metros.	0						0.3333		
Habilitación de alambre N°16 para amarre de anillos a los fierros de la estructura	0						0.1667		
traer rondanas del almacén a la mesa de estructuras	3						0.1667	24	
cargar fierro de 12 mm a la mesa de estructuras	0						0.3333		
colocar las rondanas 1 por cada metro en todo lo largo del fierro y en todos los	0						0.75		
Habilitación de soldadura: sacar del almacén soldador	3						0.1667	24	
los fierros 12 mm son colocados en la zona de soldado	3						0.2	12	
Empalmado con soldadura	0						0.3333		
Soldar los anillos al fierro central que este tendido en la mesa.	0						0.4167		
Soldar el resto de fierros en el primer y último anillo	0						0.1667		
Amarrar los fierros desde el segundo hasya el penultimo (para no debilitar la es	0						0.25		
Soldar los anillos para pines por pareja, uno en el fierro inferior y otro en el fierro	0						0.1		
Colocar espiral con alambre N° 8	0						0.0833		
Colocar la señal de identificación interna en el último anillo (base).	0						0.05		
Bajar de la mesa la estructura y transporte a almacén	3						0.25	6	
Almacenamiento.	5								







Preparación de la mezcla	0						0.40		Producción
Limpieza de la base del molde	0						0.0833		
Limpieza de la tapa del molde	0						0.0833		
Limpieza de la brida delantera del molde	0						0.25		
Limpieza de brida posterior del Molde	0						0.25		
Moldeo o Llenado	0						0.75		
Ajustar con pernos el molde	1						0.4167		
Moldeo o Llenado	0						0.25		
Recoger la mezcla del suelo	0						0.25		
El molde completamente empernado es levantado por el tecele	0						0.1667		
Transporte A centrifuga	3						0.0333	8	
Centrifugado	0						0.1167		Centrifugado
alimentar con mezcla por la base y punta del poste	0						0.1167		
verificar a todo lo largo del molde si escapa agua por los costados	2						0.05		
Colocar un tubo en la punta del molde una vez terminado el centrifugado	0						0.05		
Levantar con el tecele el molde	0						0.1		
Transporte a secado.	3						0.25	24	
Habilitación en SECADO	4						0.0833		Secado y desmoldado.
Esperar 10 minutos	4						0.1667		
Colocar Vapor de manera gradual	0						0.4167		
Espera de Secado	4						2.5		
Despues de 20 minutos sacar los tubos puestos en el centrifugado	0						0.3333		
Transporte a desmoldado	3						0.2	28	
el molde con el poste seco es desempernado y desmoldado.	0						0.2		
El molde es transportado a la zona de llenado.	3						0.05	24	
El poste es llevado al área de acabado.	3						0.05	8	
El poste es puesto de costado con un lado de costura arriba	0						0.0833		
limpiar la costura con un rascador de fierro	0						0.0833		Acabado
abrir los agujeros de los pines con una punta y un combo	0						0.1667		
echar el agua y sobar para evitar porosidad	1						0.05		
Voltear Poste	0						0.0833		
limpiar la costura con un rascador de fierro	0						0.0833		
abrir los agujeros de los pines con una punta y un combo	0						0.1667		
echar el agua y sobar para evitar porosidad	1						0.05		
con un yute se le da la última limpieza al poste	1						0.05		
Dar acabado a la punta y base del poste.	1						0.25		
pasar la brocha con un agujero ligero	0						0.1333		
Una vez listos los postes son sacados a la zona de tránsito	3						0.0833	24	
Pintado	0						0.25		
Almacenamiento de Postes.	5								
TOTAL							14.367		

**Nota:** La imagen fue realizada por el investigador con la observación del proceso productivo



**Figura 12**

*Diagrama de análisis del proceso de producción de postes de 13 metros*

Diagrama:		DAP N°02		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO			
Producto:		Postes de 13 metros		Operación	38				
Proceso:		Completo		Operación-Inspección	6				
Lugar:		Postes del Norte		inspección	2				
Método		Actual		Transporte	11				
Cantidad:		1 poste 13 metros		Demora	3				
Elaborado por:	Anghela Peña	Fecha:	25/10/2020	Almacenamiento	3				
Aprobado por:		Fecha:		Total de Distancia (m)	194				
DESCRIPCIÓN	SIMBOLO						Tiempo (hr)	Distancia (m)	OBSERVACIONES
	0	1	2	3	4	5			
									
Mezclar cemento y arena gruesa	0						0.25		Rondanas
Agregar 2 litros de agua y mezclar	1						0.3333		
La mezcla se vierte en moldes en la máquina de rondanas	3						0.25	12	
Se limpia los excesos de los moldes y superficies.	0						0.2		
Control de Calidad	2						0.0833		
Almacenamiento	5								
Habilitación de anillos En la roladora eléctrica.	0						0.3333		Trabajos preliminares
Habilitación de alambre para espiral: para postes chicos de hasta 13 metros.	0						0.3333		
Habilitación de alambre N°16 para amarre de anillos a los fierros de la estructura	0						0.1667		
traer rondanas del almacén a la mesa de estructuras	3						0.1667	24	
cargar fierro de 3/8 según el tipo de poste a la mesa de estructuras	0						0.3333		
colocar las rondanas 1 por cada metro en todo lo largo del fierro y en todos los	0						0.75		
Habilitación de soldadura: sacar del almacén soldador	3						0.1667	24	Armado de Estructuras
los fierros 3/8 son colocados en la zona de soldado	3						0.24	12	
Empalmado con soldadura	0						0.4		
Soldar los anillos al fierro central que este tendido en la mesa.	0						0.5		
Soldar el resto de fierros en el primer y último anillo	0						0.2		
Amarrar los fierros desde el segundo hasya el penultimo (para no debilitar la es	0						0.3		
Soldar los anillos para pines por pareja, uno en el fierro inferior y otro en el fierro	0						0.12		
Colocar espiral con alambre N°16	0						0.1		
Colocar la señal de identificación interna en el último anillo (base).	0						0.06		
Bajar de la mesa la estructura y transporte a almacén	3						0.3	6	
Almacenamiento.	5								

Preparación de la mezcla	0						0.48		
Limpieza de la base del molde	0						0.1		
Limpieza de la tapa del molde	0						0.1		
Limpieza de la brida delantera del molde	0						0.3		
Limpieza de brida posterior del Molde	0						0.3		
Moldeo o Llenado	0						0.9		
Ajustar con pernos el molde	1						0.5		
Moldeo o Llenado	0						0.3		
Recoger la mezcla del suelo	0						0.3		
El molde completamente empernado es levantado por el teclé	0						0.2		
Transporte A centrifuga	3						0.04	8	
Centrifugado	0						0.1667		
alimentar con mezcla por la base y punta del poste	0						0.1667		
verificar a todo lo largo del molde si escapa aguaje por los costados	2						0.06		
Colocar un tubo en la punta del molde una vez terminado el centrifugado	0						0.06		
Levantar con el teclé el molde	0						0.12		
Transporte a secado.	3						0.3	24	
Habilitación en SECADO	4						0.0833		
Esperar 10 minutos	4						0.1667		
Colocar Vapor de manera gradual	0						0.4167		
Espera de Secado	4						2.5		
Despues de 20 minutos sacar los tubos puestos en el centrifugado	0						0.3333		
Transporte a desmoldado	3						0.25	28	
el molde con el poste seco es desempernado y desmoldado.	0						0.25		
El molde es transportado a la zona de llenado.	3						0.1	24	
El poste es llevado al área de acabado.	3						0.1	8	
El poste es puesto de costado con un lado de costura arriba	0						0.1		
limpiar la costura con un rascador de fierro	0						0.1		
abrir los agujeros de los pines con una punta y un combo	0						0.2		
echar el aguaje y sobar para evitar porosidad	1						0.06		
Voltear Poste	0						0.1		
limpiar la costura con un rascador de fierro	0						0.1		
abrir los agujeros de los pines con una punta y un combo	0						0.2		
echar el aguaje y sobar para evitar porosidad	1						0.06		
con un yute se le da la última limpieza al poste	1						0.06		
Dar acabado a la punta y base del poste.	1						0.3		
pasar la brocha con un agujé ligero	0						0.16		
Una vez listos los postes son sacados a la zona de tránsito	3						0.0833	24	
Pintado	0						0.25		
Almacenamiento de Postes.	5								
TOTAL							15.953		

**Nota:** La imagen fue realizada por el investigador con la observación del proceso productivo

3.5.2. Evaluar el desempeño de los operarios, suplementos y cálculo del tiempo estándar.

Para el cálculo del tiempo estándar en cada línea de fabricación, se determinó el tamaño de muestra en cada uno de las líneas de fabricación, para las cuales se tomó una muestra piloto de 10 postes para cada línea (de 9 y 13 metros).

a) Muestra Piloto:

**Tabla 8**

*Cálculo del tamaño de muestra para los postes de 9 metros*

<b>Fecha:</b>		<b>Producción de Postes 9m</b>						
<b>Estudio N°01</b>								
<b>Hoja N°01</b>								
<b>Tiempo: Horas</b>		Rondanas	Trabajos preliminares	Armado de Estructuras	Producción	Centrifugado	Secado y desmoldado.	Acabado
<b>Cantidad: 10 Postes</b>								
Muestras	T(hr)	T(hr)	T(hr)	T(hr)	T(hr)	T(hr)	T(hr)	T(hr)
1	1.117	2.25	1.85	2.93	0.68	4	1.533	
2	1.17	2.19	2.05	2.92	0.67	3.94	1.46	
3	1.23	2.37	1.87	2.89	0.71	4.16	1.42	
4	1.11	2.28	1.75	3.02	0.69	4.19	1.69	
5	1.14	2.42	2.01	2.98	0.75	4.1	1.63	
6	1.1	2.27	2.03	2.85	0.64	4.01	1.41	
7	1.29	2.3	1.89	3.09	0.72	4.08	1.63	
8	1.04	2.16	2	2.87	0.61	3.92	1.43	
9	1.3	2.32	1.72	3.02	0.69	3.93	1.41	
10	1.13	2.19	1.91	2.92	0.67	3.99	1.57	
Promedio	1.163	2.275	1.908	2.949	0.683	4.032	1.518	
s2	0.007	0.007	0.013	0.006	0.002	0.009	0.011	
z	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	
% error	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	
Error	0.058	0.114	0.095	0.147	0.034	0.202	0.076	
Tamaño de Muestra	8.223	2.014	5.598	1.028	5.192	0.871	7.528	
Tamaño de Muestra	8	2	6	1	5	1	8	

**Nota:** El tamaño de muestra se calculó con 5% de error y 95% de confianza

**Tabla 9**

*Cálculo del tamaño de muestra para los postes de 13 metros*

<b>Fecha:</b>		<b>Producción de Postes 13m</b>						
<b>Estudio N°02</b>								
<b>Hoja N°02</b>								
<b>Tiempo: Horas</b>		Rondanas	Trabajos preliminares	Armado de Estructuras	Producción	Centrifugado	Secado y desmoldado.	Acabado
<b>Cantidad: 10 Postes</b>								
Muestras	T(hr)	T(hr)	T(hr)	T(hr)	T(hr)	T(hr)	T(hr)	T(hr)
1	1.117	2.25	2.22	3.52	0.87	4.2	1.773	
2	1.15	2.2	2.1	3.34	0.91	4.25	1.75	
3	1.26	2.19	2.2	3.44	0.88	4.18	1.64	
4	1.11	2.2	2.13	3.34	0.77	4.38	1.52	
5	1.01	2.38	2.1	3.47	0.84	4.28	1.53	
6	1.18	2.15	2.33	3.45	0.88	4.38	1.65	
7	1.18	2.24	2.36	3.45	0.75	4.19	1.61	
8	1.1	2.24	2.37	3.59	0.98	4.26	1.71	
9	1.29	2.2	2.28	3.55	0.8	4.1	1.62	
10	1.16	2.37	2.26	3.31	0.87	4.33	1.75	
Promedio	1.156	2.242	2.235	3.446	0.855	4.255	1.655	
s2	0.006	0.006	0.01	0.009	0.005	0.008	0.008	
z	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	
% error	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	
Error	0.058	0.112	0.112	0.172	0.043	0.213	0.083	
Tamaño de Muestra	7.426	1.765	3.228	1.131	9.793	0.702	4.513	
Tamaño de Muestra	7	2	3	1	10	1	5	

**Nota:** El tamaño de muestra se calculó con 5% de error y 95% de confianza

Según los cálculos, se acepta con un 95% de confianza y un 5% de significancia que el tamaño de muestra significativo para la investigación es de 8 observaciones para los postes de 9 metros y 10 observaciones en los postes de 13 metros

- Para el cálculo del número de observaciones se empleó:

$$n = \frac{1.96^2 * s_x^2}{(e * \bar{x})^2}$$

$$n = \frac{1.96^2 * 0.007}{(0.058)^2} = 8 \text{ postes de 9 metros}$$

$$n = \frac{1.96^2 * 0.005}{(0.043)^2} = 10 \text{ postes de 13 metros}$$

b) Evaluación de desempeño y suplementos

En relación con la evaluación de desempeño y los suplementos, se evaluó el desempeño usando las tablas anexadas desde el anexo 04 al 07. Y para la evaluación de los suplementos se identifican en las tablas anexadas desde el anexo 08 al 19.

**Tabla 10**

*Evaluación del desempeño*

Evaluación del Desempeño por proceso	
PROCESO	Calificación %
Rondanas	88%
Trabajos preliminares	77%
Armado de Estructuras	97%
Producción	87%
Centrifugado	84%
Secado y desmoldado.	80%
Acabado	97%

**Nota:** Las fichas de evaluación se encuentran en los anexos del 04 al 07

**Tabla 11**

*Evaluación de suplementos por proceso*

Evaluación de suplementos por proceso	
PROCESO	Suplementos %
Rondanas	21%
Trabajos preliminares	16%
Armado de Estructuras	19%
Producción	18%
Centrifugado	28%
Secado y desmoldado.	17%
Acabado	15%

**Nota:** Las fichas de evaluación se encuentran en los anexos del 08 al 19

c) Cálculo del Tiempo Estándar

**Tabla 12**

*Tiempo Estándar por proceso de producción de los postes de 9 metros*

Fecha:	Procesos							Nombre Del producto
Estudio N°01	Rondanas	Trabajos preliminares	Armado de Estructuras	Producción	Centrifugado	Secado y desmoldado.	Acabado	Postes de 9 metros
Hoja N°01								
Tiempo: Horas								
Cantidad: 10 Postes								
Muestras	T(hr)	T(hr)	T(hr)	T(hr)	T(hr)	T(hr)	T(hr)	Observaciones
1	1.12	2.25	1.85	2.93	0.68	4.00	1.53	
2	1.17	2.19	2.05	2.92	0.67	3.94	1.46	
3	1.23	2.37	1.87	2.89	0.71	4.16	1.42	
4	1.11	2.28	1.75	3.02	0.69	4.19	1.69	
5	1.14	2.42	2.01	2.98	0.75	4.1	1.63	
6	1.1	2.27	2.03	2.85	0.64	4.01	1.41	
7	1.29	2.3	1.89	3.09	0.72	4.08	1.63	
8	1.04	2.16	2	2.87	0.61	3.92	1.43	
9	1.3	2.32	1.72	3.02	0.69	3.93	1.41	
10	1.13	2.19	1.91	2.92	0.67	3.99	1.57	
Totales	11.6267	22.75	19.08	29.4933	6.83333	40.32	15.1833	
N° Observaciones	10	10	10	10	10	10	10	<b>Tiempo estándar total por poste</b>
Promedio	1.16	2.28	1.91	2.95	0.68	4.03	1.52	
Calificación Promedio	88%	77%	97%	87%	84%	80%	97%	14.70 Horas
Tiempo normal	1.02	1.75	1.85	2.57	0.57	3.23	1.47	
Suplementos	21%	16%	19%	18%	28%	17%	15%	
Tiempo Estándar	1.24	2.03	2.20	3.03	0.73	3.77	1.69	

**Nota:** El tiempo estándar se calculó en base a los suplementos y factor de la evaluación del desempeño.

Para el cálculo del tiempo estándar se empleó:

$$Tiempo\ Est\acute{a}ndar = TN * (1 + \%Suplemento)$$

$$TS_1 = 1.02 * (1 + 0.21) = 1.24\ hr$$

$$TS_2 = 1.75 * (1 + 0.16) = 2.03\ hr$$

$$TS_3 = 1.85 * (1 + 0.19) = 2.2\ hr$$

$$TS_4 = 2.57 * (1 + 0.18) = 3.03\ hr$$

$$TS_5 = 0.57 * (1 + 0.28) = 0.73\ hr$$

$$TS_6 = 3.23 * (1 + 0.17) = 3.77\ hr$$

$$TS_7 = 1.47 * (1 + 0.15) = 1.69\ hr$$

$$\sum TS_i = 1.24 + 2.03 + 2.2 + 3.03 + 0.73 + 3.77 + 1.69 = 14.7\ hr\ en\ postes\ de\ 9m$$

**Tabla 13**

*Tiempo Estándar por proceso de producción de los postes de 13 metros*

Fecha: Estudio N°02 Hoja N°02 Tiempo: Horas Cantidad: 8 Postes		Procesos							Nombre Del producto
Muestras	Rondanas T(hr)	Trabajos preliminares T(hr)	Armado de Estructuras T(hr)	Producción T(hr)	Centrifugado T(hr)	Secado y desmoldado T(hr)	Acabado T(hr)	Postes de 13 metros	
								Observaciones	
1	1.12	2.25	2.22	3.52	0.87	4.20	1.77		
2	1.15	2.20	2.10	3.34	0.91	4.25	1.75		
3	1.26	2.19	2.20	3.44	0.88	4.18	1.64		
4	1.11	2.20	2.13	3.34	0.77	4.38	1.52		
5	1.01	2.38	2.10	3.47	0.84	4.28	1.53		
6	1.18	2.15	2.33	3.45	0.88	4.38	1.65		
7	1.18	2.24	2.36	3.45	0.75	4.19	1.61		
8	1.10	2.24	2.37	3.59	0.98	4.26	1.71		
Totales	9.10667	17.85	17.81	27.6	6.88333	34.12	13.1833		
N° Observaciones	8	8	8	8	8	8	8	<b>Tiempo estándar total por poste</b>	
Promedio	1.14	2.23	2.23	3.45	0.86	4.27	1.65		
Calificación Promedio	88%	77%	97%	87%	84%	80%	97%	16.07 Horas	
Tiempo normal	1.00	1.72	2.16	3.00	0.72	3.41	1.60		
Suplementos	21%	16%	19%	18%	28%	17%	15%		
Tiempo Estándar	1.21	1.99	2.57	3.54	0.93	3.99	1.84		

**Nota:** El tiempo estándar se calculó en base a los suplementos y factor de la evaluación del desempeño.

Para el cálculo del tiempo estándar se empleó:

$$Tiempo\ Est\acute{a}ndar = TN * (1 + \%Suplemento)$$

$$TS_1 = 1 * (1 + 0.21) = 1.21\ hr$$

$$TS_2 = 1.72 * (1 + 0.16) = 1.99\ hr$$

$$TS_3 = 2.16 * (1 + 0.19) = 2.57\ hr$$

$$TS_4 = 3 * (1 + 0.18) = 3.54\ hr$$

$$TS_5 = 0.72 * (1 + 0.28) = 0.93\ hr$$

$$TS_6 = 3.41 * (1 + 0.17) = 3.99\ hr$$

$$TS_7 = 1.6 * (1 + 0.15) = 1.84\ hr$$

$$\sum TS_i = 1.21 + 1.99 + 2.57 + 3.54 + 0.93 + 3.99 + 1.84 = 16.07\ hr\ en\ postes\ de\ 13m$$

3.5.3. Propuesta de mejora de métodos y tiempos para línea de producción de postes de 13 metros y 9 metros

Para la propuesta de mejora se tomó en cuenta los mantenimientos realizados a las máquinas necesarias para la producción de postes, en la que se determinó los tiempos por paras de producción por avería en alguna máquina, en las tablas de

**Tabla 14**

*Mantenimiento en Caldera*

Mantenimientos en Caldera				
Fecha	Descripción de Trabajo	Tiempo (horas)	Monto Facturado	Días de Funcionamiento
14/01/2021	Reparación chimenea de caldero por desgaste (Se soldó)	5	S/449.22	13
30/01/2021	Se soldó llave de desfogue de caldero de vapor.	1	S/166.61	16
13/02/2021	Cambio de 2.50 m. de tubo 2" del tanque de retorno de agua del caldero (por desgaste) y mantenimiento del Scrubber.	3	S/624.38	14
13/03/2021	Instaló motor en tanque de desfogue de cenizas lavadas.	0.25	S/161.66	28
14/04/2021	Arregló tanque de cenizas.	0.25	S/323.32	32
17/05/2021	Cambio de tubería en el tanque de desfogue. Se cambió rodaje al ventilador de caldero.	1	S/490.04	33
20/06/2021	Se desmontó y montó sistema de ducha de agua incluida la chimenea para su mantenimiento y limpieza general.	3	S/500.13	34
22/07/2021	Colocó perno a boya de tanque de agua de caldero debido a rotura.	0.5	S/32.33	32
29/08/2021	Se hizo limpieza de chimenea de caldero y tubería.	2	S/252.60	38
13/10/2021	Cambio de bomba por reparación (reemplazo por reparo)	2	S/80.83	45
	Reponer bomba que se reparó.			14
27/10/2021	Colocar bomba Hydrostal de 1" del tanque de cenizas. Se cambió tapa existente por una de metal debido a desgaste.	1	S/290.99	
<b>Total</b>		<b>19</b>	<b>S/3,372.11</b>	
<b>Costo Promedio Mantenimiento en caldera</b>			<b>S/306.56</b>	

*Nota:* la tabla fue proporcionada por la empresa.



**Tabla 15***Mantenimientos en CENTRIFUGA*

Mantenimientos en CENTRIFUGA				
Fecha	Descripción de Trabajo	Tiempo (horas)	Monto Facturado	Días de Funcionamiento
3/02/2021	Se engrasaron pistas de centrífuga y se dio mantenimiento (se limpió).	2	S/545.74	33
15/02/2021	Cambio de cables y llave térmica debido a corto circuito en luminaria sobre caseta.	2	S/262.60	12
25/03/2021	Ajustar chumaceras de centrífuga.	0.5	S/58.68	38
13/04/2021	Cambio de chumacera de centrífuga, se colocó chaveta en polea y una chaveta en cada cardán.	2	S/410.76	19
30/04/2021	Hacer canal chavetero de 1/2" a eje, polea y brida de centrífuga (5)	0.5	S/440.10	17
12/05/2021	Colocar nuevo eje con diámetro de 70 mm, acoplar a polea, hacer canal chavetero y alinear fajas en polea.	3	S/366.75	12
18/05/2021	Se desoldó y soldó brida de cardán para centrarla.	3	S/329.64	6
25/05/2021	Soldar brida de eje de cardán de centrífuga.	2	S/82.33	7
29/05/2021	Cambiar pistas de centrífuga. (2)	1	S/98.59	4
3/06/2021	Soldar pista de centrífuga por rajadura.	1	S/91.18	5
23/07/2021	Se rellenaron, alinearon y nivelaron (14) pistas de centrífuga de producción.	16	S/880.21	50
15/09/2021	Cambio de cruceta de cardán de acero nueva. Se rellenó y rectificó canal chavetero del eje de centrífugas pistas.	3	S/971.90	54
7/10/2021	Soldar la terminal de potenciómetro de variador de frecuencia en tablero de centrífuga.	2	S/227.39	22
23/10/2021	Cambiar eje de centrífuga	0.5	S/247.56	16
4/11/2021	Desmontaje completo de cardán para cambio de tubo y brida.	0.5	S/174.21	12
25/11/2021	Instalación del cardán reparado	0.5	S/100.86	21
7/12/2021	soldar eje de pista de centrífuga.	1	S/131.52	12
Total		40.5	<b>S/5,420.03</b>	
<b>Costo Promedio Mantenimiento en centrífuga</b>			<b>S/318.83</b>	

**Nota:** la tabla fue proporcionada por la empresa.

**Tabla 16***Mantenimientos en GRUA PRODUCCIÓN*

Mantenimientos en GRUA PRODUCCIÓN				
Fecha	Descripción de Trabajo	Tiempo (horas)	Monto Facturado	Días de Funcionamiento
24/02/2021	Se soldó riel de puente grúa de producción en varios tramos y se colocó 2 anclajes nuevos.	1	S/246.57	54
30/03/2021	Soldó riel de puente grúa de producción.	0.5	S/102.06	34
14/05/2021	Soldó riel de producción en 4 puntos.	0.5	S/175.80	45
9/06/2021	Se colocó pista de pórtico de producción por rotura de eje.	3	S/70.74	26
3/08/2021	Colocó cadena de motorreductor de puente grúa de producción por rotura de cadena.	1	S/137.94	55
3/09/2021	Colocó cadena de motorreductor de puente grúa de producción nueva por rotura de cadena.	2	S/90.15	31
10/10/2021	Se recorrió el pase de los prisioneros del piñón de motorreductor derecho de puente de producción.	1	S/70.74	37
6/11/2021	Se colocó cadena nueva en motorreductor derecho de puente de producción.	1	S/104.30	27
Total		10	<b>S/998.29</b>	
<b>Costo Promedio Mantenimiento en Grúa de Producción</b>			<b>S/124.79</b>	

**Nota:** la tabla fue proporcionada por la empresa.

**Tabla 17***Mantenimientos en MOLDES*

Mantenimientos en MOLDES				
Fecha	Descripción de Trabajo	Tiempo (horas)	Monto Facturado	Días de Funcionamiento
6/01/2021	Soldar Moldes de postes de 9 metros y 13 metros.	1.5	S/692.31	36
2/02/2021	Soldar agujeros en moldes de 13 m.	0.5	S/227.82	27
20/02/2021	Soldar pista de molde de 13 m.	0.25	S/77.41	18
12/03/2021	Tapar agujeros en moldes de 13 m.	0.25	S/150.40	20
30/03/2021	Tapar agujeros en moldes de 9 m.	0.5	S/309.65	18
2/05/2021	Soldar venas de 4 moldes de 13 metros.	1.5	S/473.36	33
23/05/2021	Soldar venas de 4 moldes de 9 metros.	0.5	S/77.42	21
6/06/2021	soldar platinas a molde de 9 m. y tapar agujeros a molde de 9 m.	1	S/154.85	14
1/08/2021	Soldar pista de molde de 13 m.	1	S/67.27	56
Total		7	<b>S/2,230.49</b>	
<b>Costo Promedio Mantenimiento</b>			<b>S/247.83</b>	

**Nota:** la tabla fue proporcionada por la empresa.

Para la producción mensual de postes se estimó a partir de los resultados de la semana considerando 2 cuadrillas para la producción de postes de 13 metros y 3 cuadrillas para la producción de postes de 9 metros. La información de la producción fue para obtener el porcentaje de participación en la producción de postes de 9 y 13 metros para hallar el precio promedio ponderado de los postes.

**Tabla 18***Precio promedio ponderado de la producción de postes de 13 y 9 metros.*

Tipo	Producción mes	Participación en Producción	Precio de Venta
Poste de 9 metros	297	61%	S/370.00
Poste de 13 metros	187	39%	S/1,050.00
Total	484	100%	S/1,420.00
Precio Promedio			S/632.89

**Nota:** la tabla información fue extraída después del estudio de tiempos inicial.

Se estimó el tiempo de para de producción en la empresa por motivos de mantenimiento por avería en alguna de las máquinas involucradas en el proceso productivo.

**Tabla 19**

*Tiempo de paradas al año (horas)*

Tiempo de paradas al año (horas)	
Mantenimientos en Caldera	19
Mantenimientos en CENTRIFUGA	40.5
Mantenimientos en GRUA PRODUCCIÓN	10
Mantenimientos en MOLDES	7
Total, horas	76.5
Minutos perdidos al año	4590

**Nota:** la tabla muestra el tiempo total en minutos de mantenimientos en el año.

Para evaluar la perdida de dinero por motivos de averías se estimó el tiempo de producción por poste en relación con la producción mensual y al tiempo disponible en ese mes.

**Tabla 20**

*Tiempo de producción por poste (de 13 y 9 metros)*

Tiempo de producción por poste (de 13 y 9 metros)	
Producción	484
Minutos al mes	11400
Tiempo de producción	23.55 minutos / poste

**Nota:** la tabla muestra el tiempo de producción por poste a partir de la información mensual de la empresa.

Para estimar el costo de la producción perdido por motivos de avería en la maquina se tomó en cuenta los minutos perdidos al año y el tiempo de producción, así se podrá obtener la producción perdida en unidades de postes que se pudieron haber construido en el tiempo de avería de las máquinas, y también se hizo uso del costo promedio ponderado de los postes de 13 y 9 metros.

**Tabla 21***Costo de producción perdida*

Costo de producción perdida		
Minutos perdidos al año	4590	minutos / año
Tiempo de producción	23.55	minutos / poste
Producción perdida	195	postes / año
Precio Promedio	S/632.89	Soles / poste
Costo de producción perdida	S/123,376.73	Soles / Año

**Nota:** el costo de producción perdida es el resultado de multiplicar las unidades perdidas por el costo promedio ponderado de los postes de 9 y 13 metros.

Como el costo de unidades perdidas es elevado se tomó como propuesta de mejora un mantenimiento predictivo haciendo uso de la simulación de procesos. Para su implementación se tomó los tiempos de funcionamiento de cada máquina en días.

**Tabla 22***Tiempo de funcionamiento entre fallos de las máquinas 2020*

Tiempo entre fallos 2020				
Fallo	Caldera	Centrifuga	Grúa de Producción	Moldes
1	23	40	51	59
2	24	16	31	27
3	38	47	42	49
4	31	24	21	44
5	40	24	52	30
6	35	20	22	51
7	38	14	31	44
8	40	15	21	38
9	43	21	36	
10	52	19	38	
11	17	28		
12		35		
13		29		
14		18		

**Nota:** La tabla muestra el tiempo de fallo de las máquinas desde la última reparación.

**Tabla 23***Tiempo de funcionamiento entre fallos de las máquinas 2021*

Fallo	Tiempo entre fallos 2021 (en días)			
	Caldera	Centrifuga	Grúa de Producción	Moldes
1	13	33	54	36
2	16	12	34	27
3	14	38	45	18
4	28	19	26	20
5	32	17	55	18
6	33	12	31	33
7	34	6	37	21
8	32	7	27	14
9	38	4		56
10	45	5		
11	14	50		
12		54		
13		22		
14		16		
15		12		
16		21		
17		12		

**Nota:** La tabla muestra el tiempo de fallo de las máquinas desde la última reparación.

Con la información del tiempo entre reparaciones analizó cada máquina para determinar los mantenimientos predictivos haciendo uso de la simulación de eventos, en la que se determinó el tipo de distribución que tienen los tiempos entre fallos para predecir cuándo será el próximo fallo con un nivel de confianza del 95%.

**Tabla 24**

*Identificación del tipo de distribución para los tiempos entre fallos de la Caldera.*

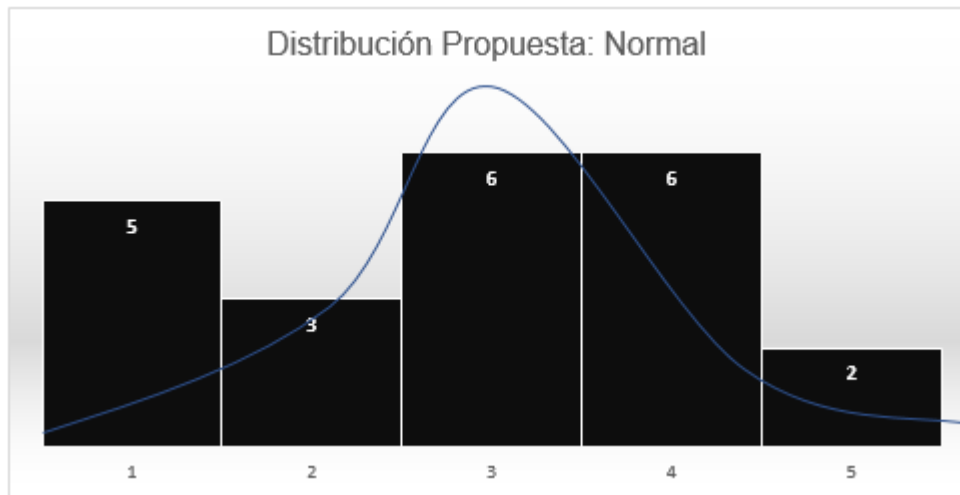
Prueba de Kolmogorov Smirnov		Rango	39.00	Amplitud	7.8
Límite inferior	Límite superior	Oi	Poia	Peia	C
13.00	20.80	5	0.23	0.17	0.05
20.80	28.60	3	0.36	0.42	0.05
28.60	36.40	6	0.64	0.69	0.06
36.40	44.20	6	0.91	0.89	0.02
44.20	52.00	2	1.00	0.97	0.03
Total		22	Estadístico de Prueba		0.06

H0: Los datos tomados siguen una distribución Normal	$\mu$	30.91
H1: Los datos tomados siguen otra distribución	$\sigma$	10.799449

Conclusión: Se acepta H0 ya que el estadístico de prueba es menor al de tabla con un 95% de confianza que los datos siguen una distribución Normal

*Figura 13*

*Identificación del tipo de distribución para los tiempos entre fallos de la caldera*



**Nota:** La tabla muestra la identificación del tipo de distribución para los tiempos.

**Tabla 25**

*Identificación del tipo de distribución para los tiempos entre fallos de la Centrifuga*

Prueba de Kolmogorov Smirnov		Rango	50.00	Amplitud	10
Límite inferior	Límite superior	Oi	Poia	Peia	C
4.00	14.00	8	0.258	0.261	0.00
14.00	24.00	12	0.645	0.554	0.09
24.00	34.00	5	0.806	0.819	0.01
34.00	44.00	3	0.903	0.954	0.05
44.00	54.00	3	1.000	0.993	0.01
Total		31	Estadístico de Prueba		0.0913461

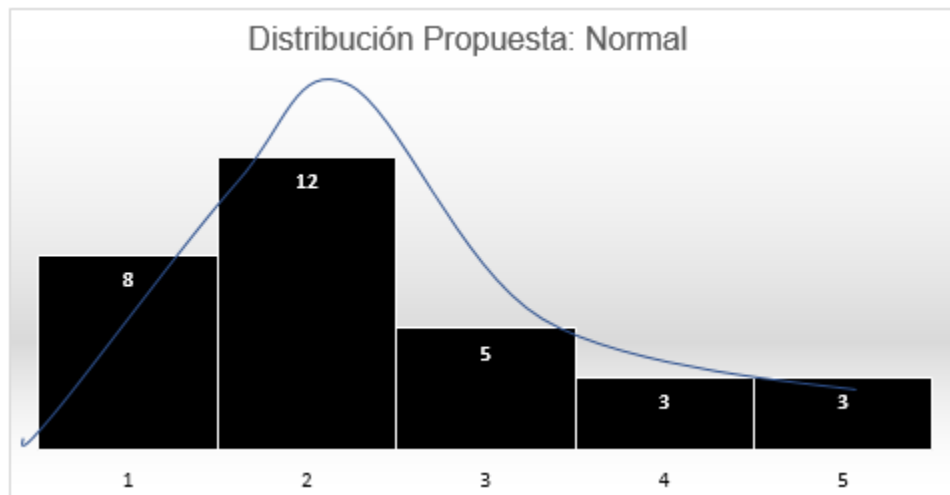
H0: Los datos tomados siguen una distribución Normal	$\mu$	22.26
H1: Los datos tomados siguen otra distribución	$\sigma$	12.873999

Conclusión: Se acepta H0 ya que el estadístico de prueba es menor al de tabla con un 95% de confianza que los datos siguen una distribución Normal

**Nota:** La tabla muestra la identificación del tipo de distribución para los tiempos

**Figura 14**

*Identificación del tipo de distribución para los tiempos entre fallos de los Centrifuga*





**Tabla 26**

*Identificación del tipo de distribución para los tiempos entre fallos de la Grúa de Producción*

Prueba de Kolmogorov Smirnov		Rango	34.00	Amplitud	6.8
Límite inferior	Límite superior	O <sub>i</sub>	P <sub>oia</sub>	Pe <sub>ia</sub>	C
21.00	27.80	5	0.278	0.200	0.08
27.80	34.60	4	0.500	0.400	0.10
34.60	41.40	3	0.667	0.600	0.07
41.40	48.20	2	0.778	0.800	0.02
48.20	55.00	4	1.000	1.000	0.00
Total		18	Estadístico de Prueba		0.10

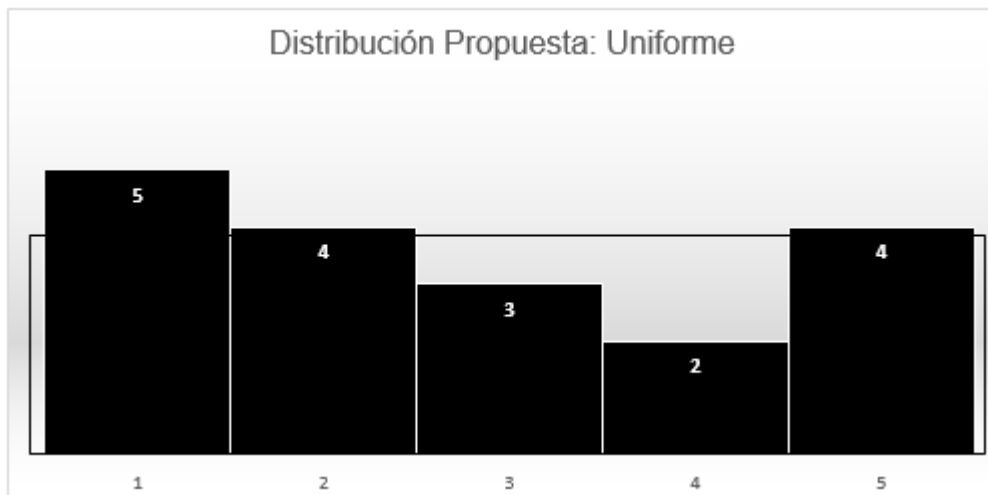
H <sub>0</sub> : Los datos tomados siguen una distribución Uniforme Continua	a	21.00
H <sub>1</sub> : Los datos tomados siguen otra distribución	b	55.00

Conclusión: Se acepta H<sub>0</sub> ya que el estadístico de prueba es menor al de tabla con un 95% de confianza que los datos siguen una distribución Uniforme Continua

**Nota:** La tabla muestra la identificación del tipo de distribución para los tiempos

**Figura 15**

*Identificación del tipo de distribución para los tiempos entre fallos de la Grúa de Producción*



**Tabla 27**

*Identificación del tipo de distribución para los tiempos entre fallos de los moldes*

Prueba de Kolmogorov Smirnov		Rango	45.00	Amplitud	9
Límite inferior	Límite superior	O <sub>i</sub>	P <sub>oia</sub>	P <sub>eia</sub>	C
14.00	23.00	5	0.294	0.200	0.09
23.00	32.00	3	0.471	0.400	0.07
32.00	41.00	3	0.647	0.600	0.05
41.00	50.00	3	0.824	0.800	0.02
50.00	59.00	3	1.000	1.000	0.00
Total		17	Estadístico de Prueba		0.09

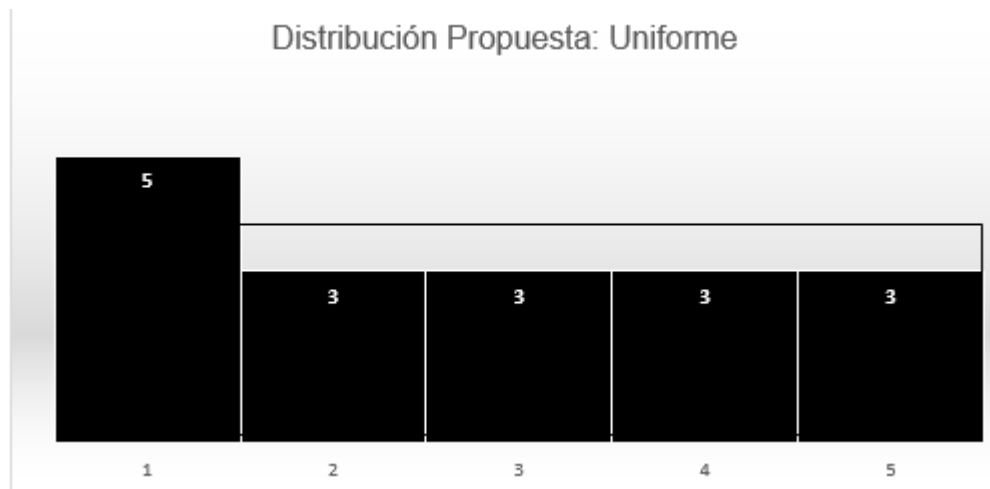
H0: Los datos tomados siguen una distribución Uniforme Continua	a	14.00
H1: Los datos tomados siguen otra distribución	b	59.00

Conclusión: Se acepta H0 ya que el estadístico de prueba es menor al de tabla con un 95% de confianza que los datos siguen una distribución Uniforme

**Nota:** La tabla muestra la identificación del tipo de distribución para los tiempos

**Figura 16**

*Identificación del tipo de distribución para los tiempos entre fallos de los moldes*



Como resultado se obtuvo que los tiempos entre fallos de la caldera tienen una distribución normal con media 30.9 días y desviación estándar de 10.8 días, para la centrífuga se identificó que también posee una distribución normal con media de 22.26 días y una desviación estándar de 12.87 días, para la grúa de producción se identificó que toma una distribución uniforme continua con mínimo de 21 días y máximo de 55 días y por último los tiempos entre fallos de los moldes tiene una distribución uniforme continua con mínimo de 14 días y un máximo de 59 días. Con la información de las distribuciones con sus respectivos parámetros se realizó la simulación de los tiempos entre fallos:

Para la generación de la simulación de las distribuciones normales ( $N_i$ ) y uniformes ( $U_i$ ) se emplearán las siguientes fórmulas:

$$N_i = \left[ \sum_{i=1}^{12} r_i - 6 \right] \sigma + \mu \quad U_i = a + (b - a)r_i$$

**Tabla 28**

*Simulación de los tiempos entre fallos en caldera*

Variables Normales para la caldera	
Media	Desviación
30.9091	10.7994
n	Caldera
1	25
2	30
3	32
4	31
5	39
6	33
7	24
8	35
9	42
10	36
11	17

**Nota:** La tabla muestra la simulación de los tiempos entre fallos.

**Tabla 29**

*Simulación de los tiempos entre fallos en Centrífuga*

Variables Normales	
Media	Desviación
22.2581	12.8740
n	Centrifuga
1	27
2	46
3	10
4	22
5	31
6	24
7	27
8	13
9	22
10	54
11	5
12	17
13	13
14	19

**Nota:** La tabla muestra la simulación de los tiempos entre fallos.

**Tabla 30**

*Simulación de los tiempos entre fallos en Grúa de producción*

Variables uniformes	
a	b
21.0000	55.0000
n	Grúa de Producción
1	26
2	22
3	36
4	24
5	45
6	26
7	49
8	44
9	44

**Nota:** La tabla muestra la simulación de los tiempos entre fallos.

**Tabla 31**

*Simulación de los tiempos entre fallos en los moldes*

Variables uniformes	
a	b
14.0000	59.0000
n	Moldes
1	28
2	36
3	40
4	47
5	36
6	36
7	30
8	33
9	34
10	34

**Nota:** La tabla muestra la simulación de los tiempos entre fallos.

Los datos obtenidos de la simulación se ajustaron con las fechas para el año 2022 con ello se estableció las fechas para realizar una inspección de mantenimiento en cada máquina en horarios en los que las máquinas no están siendo empleadas para evitar paros de producción.

**Tabla 32**

*Mantenimiento Predictivo 2022*

Mantenimiento Predictivo 2021				
Mantenimiento	Caldera	Centrifuga	Grúa de Producción	Moldes
1	25/01/2022	27/01/2022	27/01/2022	28/01/2022
2	24/02/2022	14/03/2022	18/02/2022	5/03/2022
3	28/03/2022	24/03/2022	25/03/2022	14/04/2022
4	28/04/2022	15/04/2022	18/04/2022	31/05/2022
5	6/06/2022	16/05/2022	2/06/2022	6/07/2022
6	9/07/2022	9/06/2022	28/06/2022	11/08/2022
7	2/08/2022	5/07/2022	16/08/2022	11/09/2022
8	6/09/2022	18/07/2022	28/09/2022	14/10/2022
9	18/10/2022	9/08/2022	11/11/2022	17/11/2022
10	23/11/2022	2/10/2022		22/12/2022
11	10/12/2022	7/10/2022		
12		24/10/2022		
13		6/11/2022		
14		25/11/2022		

**Nota:** La tabla muestra las fechas del mantenimiento predictivo.

Para que el plan de mantenimiento predictivo funcione para la empresa también se propuso que exista una capacitación para realizar los mantenimientos a las máquinas. La capacitación logrará que los trabajadores

conozcan el proceso de realizar los mantenimientos a las máquinas teniendo en cuenta los procesos que necesitan para realizar un mantenimiento óptimo, la finalidad de la capacitación es prolongar la operatividad de las máquinas con el fin de no tener las paradas de producción. El resultado esperado del programa de capacitación es que los operarios sean capaces de dar mantenimiento básico según lo establecido en el plan de mantenimiento predictivo para el año 2022 propuesto en la presente tesis.

**Tabla 33**

*Capacitaciones de mantenimiento 2022*

Fecha	Capacitaciones Tema	Duración	Costo
4/03/2022	Manejo adecuado de máquinas y herramientas	2 horas	S/689.00
18/03/2022	Mantenimiento de equipos Industriales	2 horas	S/689.00
1/04/2022	Mantenimiento Preventivo	3 horas	S/945.00
15/04/2022	Buenas Prácticas de Manufactura	2 horas	S/689.00

**Nota:** La tabla muestra los costos de las capacitaciones requeridas según Tecsup.

Con la finalidad de disminuir el porcentaje de suplementos asignados por elevado impacto del sonido en el área de producción, se ha propuesto la implementación de protectores auditivos para la cuadrilla.

**Figura 17**

*Protectores auditivos.*



#### 3.5.4. Comparar la productividad de la mano de obra directa para ver el impacto

Se volvió a calcular los tiempos estándar con las mejoras aplicadas para la producción de postes de 9 y 13 metros.

**Tabla 34***Nuevo tiempo estándar para la producción de postes de 9 metros*

PROCESO	Tiempo observado	Calificación %	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo Estándar
Rondanas	1.16	93%	1.08	21%	1.31
Trabajos preliminares	2.28	89%	2.02	16%	2.35
Armado de Estructuras	1.91	99%	1.89	19%	2.25
Producción	2.95	92%	2.71	18%	3.20
Centrifugado	0.68	89%	0.61	15%	0.70
Secado y desmoldado.	3.23	90%	2.90	19%	3.45
Acabado	1.52	99%	1.50	15%	1.73
TOTAL	13.72		12.72		14.99

**Nota:** la presente tabla se obtuvo aplicando las mejoras.

Para el cálculo del Tiempo productivo se empleó:

$$T. Prod(\%) = \frac{\text{Tiempo Productivo}}{\text{Tiempo de Ciclo}} \times 100$$

$$T. Prod(\%) = \frac{14.99}{7 * 3.45} \times 100 = 62.07\% \text{ en postes de 9m}$$

**Tabla 35***Nuevo tiempo estándar para la producción de postes de 13 metros*

PROCESO	Tiempo observado	Calificación %	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo Estándar
Rondanas	1.14	93%	1.06	21%	1.28
Trabajos preliminares	2.23	89%	1.99	16%	2.30
Armado de Estructuras	2.23	99%	2.20	19%	2.62
Producción	3.45	92%	3.17	18%	3.75
Centrifugado	0.86	89%	0.77	15%	0.88
Secado y desmoldado.	3.41	90%	3.07	19%	3.65
Acabado	1.65	99%	1.63	15%	1.88
TOTAL	14.97		13.89		16.36

**Nota:** la presente tabla se obtuvo aplicando las mejoras.

Para el cálculo del Tiempo productivo se empleó:

$$T. Prod(\%) = \frac{\text{Tiempo Productivo}}{\text{Tiempo de Ciclo}} \times 100$$

$$T. Prod(\%) = \frac{16.36}{7 * 3.65} * 100 = 64.03\% \text{ en postes de } 13m$$

Luego se calculó la nueva productividad y producción semanal en cada línea de producción

**Tabla 36**

*Producción y productividad de la línea de postes de 9 metros.*

Productividad Postes 9 m		
Descripción	Cantidad	Unidad
Cantidad de Operarios	4	Operarios
Tiempo de Ciclo	3.45	Horas
Tiempo base	47.5	Horas/Semana
Producción	13.75	Postes/semana
Productividad	0.29	Postes 9m/Hora

Para el cálculo de la Productividad de la Línea de Producción se empleó:

$$Prod = \frac{13.75 \text{ postes por semana}}{47.5 \text{ Horas/semana}} = 0.28 \text{ postes de } 9m \text{ por hora}$$

**Tabla 37**

*Producción y productividad de la línea de postes de 13 metros*

Productividad Postes 13 m		
Descripción	Cantidad	Unidad
Cantidad de Operarios	4	Operarios
Tiempo de Ciclo	3.75	Minutos
Tiempo base	47.5	Horas/Semana
Producción	12.68	Postes/semana
Productividad	0.27	Postes 13m/Hora

Para el cálculo de la Productividad de la Línea de Producción se empleó:

$$Prod = \frac{12.68 \text{ postes por semana}}{47.5 \text{ Horas/semana}} = 0.27 \text{ postes de } 13m \text{ por hora}$$



**Tabla 38***Producción mensual por cada línea de postes con la mejora.*

Tipo	Producción mes	Participación en Producción
Poste de 9 metros	330	62%
Poste de 13 metros	203	38%
Total	533	100%

#### IV. RESULTADOS

4.1. Resultados del objetivo 1: “Diagnóstico de la situación actual en la productividad de la de la fuerza laboral en la producción de postes”

Con relación al análisis del proceso, se puede identificar que la empresa tiene los siguientes tiempos y procesos definidos en horas, con la finalidad de producir postes de 9 y 13 metros de altura, ya que son los más demandados según la gráfica 4.

**Tabla 39***Tiempos por proceso productivo de postes de 9 metros*

Proceso	Tiempos
Rondanas	1.11666667
Trabajos preliminares	2.25
Armado de Estructuras	1.85
Producción	2.93
Centrifugado	0.68
Secado y desmoldado.	4
Acabado	1.53333333
Total	14.3666667

**Nota:** Los tiempos observados están en horas, y se extrajeron del diagrama de análisis del proceso de la figura 11

Para el cálculo de las actividades productivas se empleó:

$$\frac{N^{\circ} \text{ de Actividades Productivas}}{N^{\circ} \text{ Total de Actividades}} \times 100$$

**Tabla 40**

*Actividades Productivas e improductivas*

Actividades	
%De actividades productivas	73.02%
%Actividades improductivas	26.98%

**Nota:** Los tiempos observados están en horas, y se extrajeron del diagrama de análisis del proceso de la figura 11

**Tabla 41**

*Tiempos por proceso productivo de postes de 13 metros*

Proceso	Tiempos
Rondanas	1.11666667
Trabajos preliminares	2.25
Armado de Estructuras	2.22
Producción	3.52
Centrifugado	0.87
Secado y desmoldado.	4.2
Acabado	1.77333333
Total	15.9533333

**Nota:** Los tiempos observados están en horas, y se extrajeron del diagrama de análisis del proceso de la figura 12

**Tabla 42**

*Actividades Productivas e improductivas*

Actividades	
%De actividades productivas	73.02%
%Actividades improductivas	26.98%

**Nota:** Los tiempos observados están en horas, y se extrajeron del diagrama de análisis del proceso de la figura 12

Según el análisis del proceso, se observa que para la producción de postes de 9 metros existe un tiempo de producción total de 14.37 horas (suma de los tiempos de cada proceso

de producción) con un recorrido de 194 metros, un porcentaje de actividades productivas de 73.02%

Según el análisis del proceso, se observa que para la producción de postes de 13 metros existe un tiempo de producción total de 15.95 horas (suma de los tiempos de cada proceso de producción) con un recorrido de 194 metros, un porcentaje de actividades productivas de 73.02%

#### 4.2. Resultados del objetivo 2: “Evaluar, seleccionar, delimitar los procesos críticos. analizar el método de fabricación actual”

Para el cumplimiento del objetivo se obtuvo que para la producción de postes de 9 metros se hallaron los siguientes tiempos observados, evaluación de desempeño y suplementos:

**Tabla 43**

*Tiempo estándar por proceso y total para los postes de 9 metros.*

PROCESO	Tiempo observado	Calificación %	Tiempo Norma	Suplementos	Tiempo Estándar
Rondanas	1.16	88%	1.02	21%	1.24
Trabajos preliminares	2.28	77%	1.75	16%	2.03
Armado de Estructuras	1.91	97%	1.85	19%	2.20
Producción	2.95	87%	2.57	18%	3.03
Centrifugado	0.68	84%	0.57	28%	0.73
Secado y desmoldado.	4.03	80%	3.23	17%	3.77
Acabado	1.52	97%	1.47	15%	1.69
TOTAL	14.53		12.46		14.70

**Nota:** la presente tabla muestra los tiempos en horas del proceso de producción de postes de 9 metros.

Para el cálculo del tiempo estándar se empleó:

$$\text{Tiempo Estándar} = TN * (1 + \% \text{Suplemento})$$

$$TS_1 = 1.02 * (1 + 0.21) = 1.24 \text{ hr}$$

$$TS_2 = 1.75 * (1 + 0.16) = 2.03 \text{ hr}$$

$$TS_3 = 1.85 * (1 + 0.19) = 2.2 \text{ hr}$$

$$TS_4 = 2.57 * (1 + 0.18) = 3.03 \text{ hr}$$

$$TS_5 = 0.57 * (1 + 0.28) = 0.73 \text{ hr}$$

$$TS_6 = 3.23 * (1 + 0.17) = 3.77 \text{ hr}$$

$$TS_7 = 1.47 * (1 + 0.15) = 1.69 \text{ hr}$$

$$\sum TS_i = 1.24 + 2.03 + 2.2 + 3.03 + 0.73 + 3.77 + 1.69 = 14.7 \text{ hr en postes de 9m}$$

Para el cálculo del Tiempo productivo se empleó:

$$T. Prod(\%) = \frac{\text{Tiempo Productivo}}{\text{Tiempo de Ciclo}} \times 100$$

$$T. Prod(\%) = \frac{14.7}{7 * 3.03} \times 100 = 55.7\% \text{ en postes de 9m}$$

Para la producción de postes de 13 metros se hallaron los siguientes tiempos observados, evaluación de desempeño y suplementos:

**Tabla 44**

*Tiempo estándar por proceso y total para los postes de 13 metros*

PROCESO	Tiempo observado	Calificación %	Tiempo Norma	Suplementos	Tiempo Estándar
Rondanas	1.14	88%	1.00	21%	1.21
Trabajos preliminares	2.23	77%	1.72	16%	1.99
Armado de Estructuras	2.23	97%	2.16	19%	2.57
Producción	3.45	87%	3.00	18%	3.54
Centrifugado	0.86	84%	0.72	28%	0.93
Secado y desmoldado.	4.27	80%	3.41	17%	3.99
Acabado	1.65	97%	1.60	15%	1.84
TOTAL	15.82		13.61		16.07

**Nota:** la presente tabla muestra los tiempos en horas del proceso de producción de postes de 13 metros.

Para el cálculo del tiempo estándar se empleó:

$$\text{Tiempo Estándar} = TN * (1 + \% \text{Suplemento})$$

$$TS_1 = 1 * (1 + 0.21) = 1.21 \text{ hr}$$

$$TS_2 = 1.72 * (1 + 0.16) = 1.99 \text{ hr}$$

$$TS_3 = 2.16 * (1 + 0.19) = 2.57 \text{ hr}$$

$$TS_4 = 3 * (1 + 0.18) = 3.54 \text{ hr}$$

$$TS_5 = 0.72 * (1 + 0.28) = 0.93 \text{ hr}$$

$$TS_6 = 3.41 * (1 + 0.17) = 3.99 \text{ hr}$$

$$TS_7 = 1.6 * (1 + 0.15) = 1.84 \text{ hr}$$

$$\sum TS_i = 1.21 + 1.99 + 2.57 + 3.54 + 0.93 + 3.99 + 1.84 = 16.07 \text{ hr en postes de 13m}$$

Para el cálculo del Tiempo productivo se empleó:

$$T. Prod(\%) = \frac{\text{Tiempo Productivo}}{\text{Tiempo de Ciclo}} \times 100$$

$$T. Prod(\%) = \frac{16.07}{7 * 3.99} \times 100 = 57\% \text{ en postes de 9m}$$

Como resultado del objetivo 2 se obtiene las siguientes productividades para la línea de producción de postes 9 y 13 metros:

**Tabla 45**

*Productividad del recurso humano en la producción de postes de 9 metros*

Productividad Postes 9 m		
Descripción	Cantidad	Unidad
Cantidad de Operarios	4	Operarios
Tiempo de Ciclo	3.77	Horas/poste
Tiempo base	47.5	Horas/Semana
Producción	12.59	Postes/semana
Productividad	0.26	Postes 9m/Hora Hombre

**Nota:** Muestra la productividad que es la relación entre la producción semanal y el tiempo empleado por el recurso humano para llevar a cabo esa producción.

**Tabla 46**

*Productividad del recurso humano en la producción de postes de 13 metros*

Productividad Postes 13 m		
Descripción	Cantidad	Unidad
Cantidad de Operarios	4	Operarios
Tiempo de Ciclo	3.99	Horas/poste
Tiempo base	47.5	Horas/Semana
Producción	11.90	Postes/semana
Productividad	0.25	Postes 13m/Hora Hombre

**Nota:** Muestra la productividad que es la relación entre la producción semanal y el tiempo empleado por el recurso humano para llevar a cabo esa producción.

Según el ritmo de producción o tiempo de ciclo para los postes de 9 metros se obtiene que la productividad, al relacionar el tiempo disponible por semana con la producción semanal, es de 026 postes por hora hombre usado en la semana, una producción semanal de 12.59 postes y un ritmo de producción de 3.77 horas por poste.

Según el ritmo de producción o tiempo de ciclo para los postes de 13 metros se obtiene que la productividad, al relacionar el tiempo disponible por semana con la producción semanal, es de 025 postes por hora hombre usado en la semana, una producción semanal de 11.9 postes y un ritmo de producción de 3.9 horas por poste.

4.3. Resultados del objetivo 3: “Propuesta de mejora de métodos y tiempos para línea de producción de postes de 13 metros y 9 metros.”

Con relación a la propuesta de mejora se estableció un plan de mantenimiento predictivo, las mejoras propuestas, están aplicadas en el procesamiento de los datos, desde la tabla 12 hasta la 31.

**Tabla 47**

*Plan de mejora*

MEJORA	COMO	QUIEN	IMPACTO	COSTO
Realizar plan de mantenimiento predictivo para Caldera	Analizar las fallas históricas de la caldera	Personal de mantenimiento	*Aprovechamiento de las paras de producción por la caldera	3,372.11
Realizar plan de mantenimiento predictivo para Centrifuga	Analizar las fallas históricas de la Centrifuga	Personal de mantenimiento	*Aprovechamiento de las paras de producción por la Centrifuga	5,420.03
Realizar plan de mantenimiento predictivo para Grúa de Producción	Analizar las fallas históricas de la Grúa de Producción	Personal de mantenimiento	*Aprovechamiento de las paras de producción por la Grúa de Producción	998.29
Realizar plan de mantenimiento predictivo para Moldes	Analizar las fallas históricas de los Moldes	Personal de mantenimiento	*Aprovechamiento de las paras de producción por los Moldes	2,230.49
Reducir el impacto del ruido	Usar protección auditiva	Área de compras para la adquisición de protectores auditivos	* Reducción del impacto de ruido a 70 Db * Disminución de 7% a 0% de suplementos	359.60
Mejorar el mantenimiento	Capacitación	Área de compras para la adquisición de servicios de capacitación al personal	* Nivelar la habilidad del operario (Medio)	2,500.00
Disminuir tiempos de desmolde y secado	Capacitación y nivelación de personal (añadir un ayudante)	el encargado de producción	* Consistencia del operario (Medio) *Reducción del tiempo de desmolde y secado	1,800.00

**Nota:** La aplicación del plan de mejora se encuentra en apartado se encuentra en el procesamiento de datos (tabla 12-31)

4.4. Resultados del objetivo 4: “Comparar la productividad de la mano de obra directa para ver el impacto”

Para comprara la productividad se estimó la productividad con relación a la producción por mes de la situación actual con la mejora incluyendo la producción perdida mensual.

Para la productividad con la mejora, se estableció que la producción mensual es de 533 postes entre postes de 9 y 13 metros (ver tabla 36)

**Tabla 48**

*Productividad con la mejora*

Productividad con la mejora		
Tiempo al mes	190	Horas / mes
Producción	533	Postes / mes
Producción perdida	0	postes / mes
Producción total	533	postes / mes
Productividad con la mejora	2.805	Postes por hora

**Nota:** la presente tabla indica productividad relacionando la producción mensual entre la cantidad de horas al mes.

Para la productividad actual, se estableció que la producción mensual es de 484 postes entre postes de 9 y 13 metros, pero también hubo paras de producción por fallos en las máquinas, lo cual en promedio mensual por perdidas en unidades fue de 16 postes por mes (Ver tabla 18 y 19)

$$Productividad = \frac{533 \text{ postes/mes}}{190 \text{ Horas/mes}} = 2.805 \text{ postes por hora propuesto}$$

**Tabla 49**

*Productividad actual*

Productividad sin la mejora		
Tiempo al mes	190	Horas / mes
Producción	484	Postes / mes
Producción perdida	16	postes / mes
Producción total	468	postes / mes
Productividad sin la mejora	2.463	Postes por hora

**Nota:** la presente tabla indica productividad relacionando la producción mensual entre la cantidad de horas al mes.

$$Productividad = \frac{468 \text{ postes/mes}}{190 \text{ Horas/mes}} = 2.463 \text{ postes por hora actual}$$

Para el cálculo de la variación se comparó la productividad con la mejora en relación con la productividad actual que posee la empresa, en la que se evidencia un incremento de la productividad del 13.888%.

**Tabla 50**

*Variación de la Productividad*

<i>Variación de la productividad</i>	
<u>Descripción</u>	<u>%</u>
Productividad sin la mejora	2.463
Productividad con la mejora	2.805
<u>variación</u>	<u>13.888%</u>

**Nota:** la presente tabla muestra el cambio porcentual entre las productividades.



#### 4.5. Evaluación económica

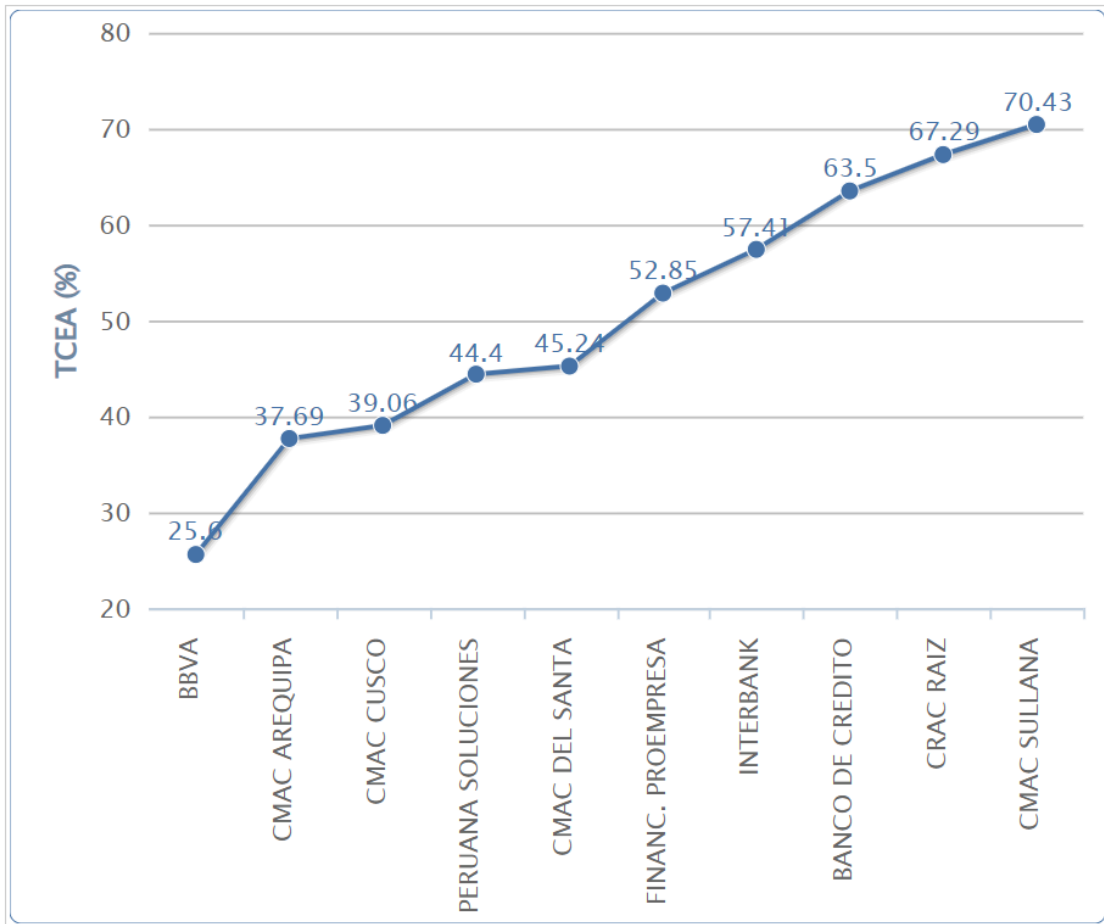


Figura 18 Tasas de interés por préstamos en los bancos según SBS

Para tomar en cuenta el préstamo realizado se analizó según la SBS todas las cajas y bancos o entidades financieras que están registradas y que muestran una tasa de interés como se aprecia en el gráfico por lo que tomamos en cuenta que el BBVA tiene el 25.6 % de TCEA siendo la más baja comparación de todas las entidades financieras a nivel del Perú por lo que se tomara en cuenta para poder realizar el presente proyecto de inversión

Para ello se tomó en cuenta el costo de que se reinvierte cada año para realizar los mantenimientos predictivos cada año, y el beneficio que genera los 195 postes que se ahorra con la mejora es del 30% de los ingresos, equivalente a 36349.07 soles por año.

Tabla 51  
*Flujo de Caja Proyectado*

Años	Flujo de Caja Proyectado			
	0	1	2	3
Beneficios		36439.065	36439.065	36439.065
Egresos	-16,680.52	-12,020.92	-12020.92	-12020.92
Flujo de caja	-16680.52	24418.145	24418.145	24418.145

Con el Flujo de caja y el costo del capital (25.6%) se evaluó económicamente la mejora por medio de la TIR, Beneficio costo y Rendimiento que genera esta propuesta de mejora.

Tabla 52  
*Evaluación Económica*

Evaluación Económica	
TIR	135.13%
BENEFICIO	S/ 47,243.63
COSTO	16,680.52
TEA	25.60%
B/C	2.832
Rendimiento	109.53%

Según la Tabla 52 muestra que el beneficio que genera la inversión es de S/ 47,243.63 en 3 años, la tasa interna de retorno es de 135.13% mayor a la del costo del capital (25.6%) por lo que sobra un excedente de rendimiento del 109.53%, además el beneficio costo es de 2.832, que indica que por cada sol invertido en la propuesta de mejora, se genera 1.832 soles de beneficio.

#### 4.6. Docimasia de la Hipótesis

Para corroborar la hipótesis planteada se tomó en cuenta las estadísticas de grupo al analizar por meses la productividad

Tabla 53

*Estadística Descriptiva*

Estadísticas de grupo					
	SitActual_Mejora	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Productividad	Actual	12	2,32117	,059688	,017231
	Propuesta	12	2,82767	,046753	,013497

Se observa que la productividad con la propuesta es de 2.83 y la productividad sin alterar nada es de 2.311 según el análisis por mes.

Tabla 54

*Estadística Inferencial*

Prueba de muestras independientes										
Prueba de Levene de igualdad de varianzas				prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Productividad	Se asumen varianzas iguales	1,103	,305	-23,141	22	,000	-,506500	,021887	-,551891	-,461109
	No se asumen varianzas iguales			-23,141	20,806	,000	-,506500	,021887	-,552043	-,460957

Como la significancia bilateral es menor a 0.05, cae en zona de rechazo de la hipótesis nula en la cual indica que realizar un estudio de tiempos y movimientos no mejora la productividad de la línea de producción de postes en la empresa Postes del Norte S.A. para el año 2022, por lo que acepta la hipótesis alternativa que indica que un estudio de tiempos y movimientos mejora la productividad de la línea de producción de postes en la empresa Postes del Norte S.A. para el año 2022

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1. Discusión del resultado del primer objetivo: “Analizar el proceso actual de construcción de postes de concreto”

En diagnóstico inicial se detalló los procesos para la construcción de postes de concreto en las cuales se definieron los procesos de producción, construcción de rondanas, trabajos preliminares, armado de estructuras, producción, centrifugado, secado y desmoldado, y acabado en un diagrama de análisis de procesos para la producción de postes de concreto de 9 y 13 metros mostrados en las **Figura 11** **Figura 12** Se obtuvo como resultado que el porcentaje de actividades productivas es de 73.02% evidenciado en la

**Para** el cálculo de las actividades productivas se empleó:

$$\frac{N^{\circ} \text{ de Actividades Productivas}}{N^{\circ} \text{ Total de Actividades}} \times 100$$

**Tabla 40** y **Tabla 42**, además se obtuvo los tiempos de producción para los postes de concreto de 13 y 9 metros, mostrados en la **Tabla 12** y **Tabla 13**. La información se contrasta con la investigación de Tapia D. (2017) titulado “Estudio de tiempos y métodos para la mejora de la productividad en la línea de producción de colchones en la empresa MONLOP S.A. LIMA, 2017”. En la que se logró disminuir un 43% el tiempo total de elaboración de un colchón en la empresa Monlop S.A., ya que anteriormente tenía un tiempo aproximado de 44 minutos, logrando disminuir el tiempo a 25 minutos. Para aumentar la productividad empleó herramientas como diagrama de análisis de procesos que también fueron aplicadas en la presente investigación.

5.2. Discusión del resultado del segundo objetivo: “Evaluar desempeño de los trabajadores, suplementos y cálculo del tiempo estándar y productividad”

Para el cálculo del tiempo estándar y la productividad que posee la empresa en la situación actual se realizó la toma de tiempos de los procesos de producción de postes de 9 y 13 metros, en la que se obtuvo que los tiempos estándar de producción por cuadrilla para la producción de rondadas es de 1.21 y 1.24 horas, para los trabajos preliminares es de 1.99 y 2.03 horas, para el armado de estructuras es de 2.2 y 2.57 horas, en producción de 2.57 y 3.03 horas, en centrifugado 0.73 y 0.93 horas, en secado y desmoldado 3.77 y 3.99 horas y en acabado 1.69 y 1.84 horas en la producción de postes de 9 y 13 metros respectivamente (ver **Tabla 12** y **Tabla 13**) Además se encontró que la productividad en la situación actual es de 0.26 postes de 9 metros por hora-cuadrilla y 0.25 postes de 13 metros por hora-cuadrilla mostrado en la **Tabla 45** y **Tabla 46**. Dichos cálculos son respaldados por López (2017) en su investigación titulada “Mejoramiento en el proceso de fabricación de postes metálicos en la empresa láminas y cortes industriales SA, utilizando la metodología del estudio del trabajo y Lean Manufacturing”, en la que también aplicó un estudio de tiempos previo a la mejora se obtuvo un tiempo de producción total por poste de 590 minutos por poste y luego de la mejora se percibió una reducción del tiempo a 220 minutos por poste evidenciándose un incremento en la productividad de en la línea de producción de postes de 0.10 postes por hora hombre a 0.27 postes por hora hombre.

5.3. Discusión del resultado del tercer objetivo: “Propuesta de mejora de métodos y tiempos para línea de producción de postes de 13 metros y 9 metros.

Se propuso mejoras mostradas en la **Tabla 47** , en la ayudarán a evitar que la empresa tenga perdidas de producción como se evidencia en la **Tabla 38** en la que se muestra que la producción perdida fue de 195 postes por motivos de paro de producción equivalente a S/123,376.73 por perdidos por año, para lo cual se planteó un plan de mantenimiento predictivo para evitar que existan paros de producción innecesarios en base a los entre tiempos funcionamiento después de la última reparación de los años 2020 y 2021 ( ver **Tabla 22** y **Tabla 23**). Se simuló de acuerdo con el tipo de distribución que tienen los tiempos de fallo después de una reparación de la caldera, centrifuga, grúa de producción y los moldes, los resultados del mantenimiento predictivo se evidencian en la **Tabla 32** que muestra las fechas estimadas de posibles fallas en la que se tendrá que hacer una inspección para identificar posibles problemas a los fallos ya evidenciados con anterioridad (ver **Tabla 14**, **Tabla 15**, **Tabla 16**, **Tabla 17**). Además, se propuso un plan de capacitaciones para aumentar la habilidad, consistencia y disminuir algunos suplementos, asimismo se añadió un operario más en el área de secado y desmontaje para disminuir su tiempo de proceso ya que es el proceso cuello de botella. La investigación se corrobora con la aplicación de un plan de mejora de la tesis de Vásquez R. (2019) titulada “Propuesta de mejoramiento de procesos en el área de producción de la empresa Panarte a través del estudio de tiempos y movimientos” en la que también realizó un plan de mejora la cual obtuvo un incremento en la producción de 256 a 289 unidades por hora, percibiendo un incremento aproximado del 12% en la productividad, cuyo resultado es similar al aplicado en la presente investigación ya que se aumentó también la producción de 468 a 533 postes al mes.

#### 5.4. Discusión del resultado del cuarto objetivo: “Comparar la productividad de la mano de obra directa para ver el impacto”

Al aplicar las mejoras se obtiene una productividad con relación a la producción mensual de 2.805 postes por hora (ver **Tabla 48**) comparado al de la situación actual que es de 2.463 postes por hora hombre (ver **Tabla 49**) en la que se incrementa la productividad en un 13.888% (ver **Tabla 50**). Dichos cálculos son respaldados por Ruiz A. (2018) En investigación titulada “Estudio de métodos de trabajo en el proceso de llenado de tolva para mejorar la productividad de la empresa Agrosemillas Don Benjamín E.I.R.L.”. en la que aplicó un muestreo de trabajo en la actividad de limpieza. En su investigación realizó también una estandarización de tiempos en la situación en la que se encontró la empresa y después de realizar el proceso de mejora logrando incrementar la productividad en el llenado de tolva en un 48.93% el volumen libre en el almacén por hora hombre empleada y con relación a la mano de obra en un 25.53%, llegando a validarse la hipótesis de que el realizar un estudio de tiempos y movimientos mejora la productividad de la línea de producción de postes en la empresa Postes del Norte S.A. También para apoyar esta hipótesis se evaluó por medio de SPSS 25 y se acepta la hipótesis alternativa que indica que un estudio de tiempos y movimientos mejora la productividad de la línea de producción de postes en la empresa Postes del Norte S.A. para el año 2022.

Además, en la Tabla 52 muestra que el beneficio que genera la inversión es de S/ 47,243.63 en 3 años, la tasa interna de retorno es de 135.13% mayor a la del costo del capital (25.6%) por lo que sobra un excedente de rendimiento del 109.53%, además el beneficio costo es de 2.832, que indica que por cada sol invertido en la propuesta de mejora, se genera 1.832 soles de beneficio.



## VI. CONCLUSIONES

- En el diagnóstico de la situación actual se definió los procesos de construcción de postes de 9 y 13 metros los cuales son construcción de rondanas trabajos preliminares, armado de estructuras, producción, centrifugado, secado y desmoldado, y acabado en un diagrama de análisis de operaciones en la que tuvo un 26.98% de actividades improductivas.
- La productividad de la línea de producción de postes de 9 y 13 metros en la situación actual por cuadrilla es de 0.26 postes por hora y 0.25 postes por hora respectivamente en la que encontró que el cuello de botella se encuentra en el proceso de secado y desmoldado con un ritmo de producción de 3.77 horas por poste de 9 metros y 3.9 horas por poste de 13 metros.
- Se concluye que las mejoras que se deben aplicar son por paras de producción por motivos de fallas en las máquinas ya que existe una pérdida anual de 195 postes por lo que se estimó los futuros fallos plasmado en un plan de mantenimiento predictivo apoyado con un plan de capacitaciones y la adquisición de protectores auditivos para disminuir suplementos.
- Se concluye que con la aplicación de las mejoras proveniente del estudio de métodos y tiempos se aumenta la productividad de la línea de producción de postes de 9 y 13 metros de 2.463 postes por hora a 2.805 postes por hora en la que se incrementa la productividad en un 13.888%.
- El valor actual neto que genera la propuesta es de S/ 47,243.63 en 3 años con una TIR del 135.13% y un beneficio costo de 2.832, que indica que por cada sol invertido en la propuesta de mejora, se genera 1.832 soles de beneficio

## VII. RECOMENDACIONES

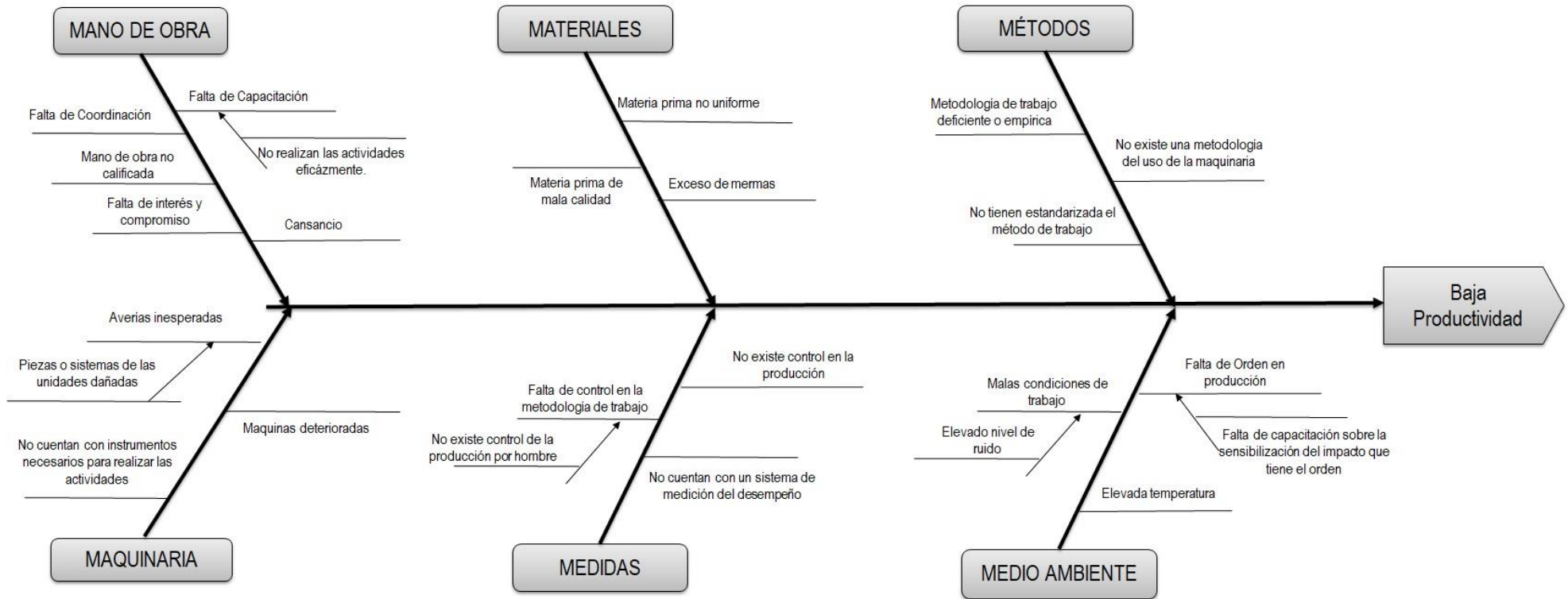
- Aplicar el plan de mantenimiento predictivo de la investigación ya que con ello se evitarán las paras de los procesos productivos percibiéndose un ahorro bruto de hasta S/123,376.73 por unidades perdidas por año
- Evaluar constantemente los fallos que existe en los mantenimientos de las máquinas para producción, asegurándose que cumplan los criterios óptimos para el funcionamiento correcto de la línea de producción.
- Realizar una mejora en la gestión de inventarios con la finalidad de dotar de herramientas y equipos necesarios a los colaboradores para mantener el flujo de producción sin paras, además
- Aplicar herramientas de apoyo de Lean Manufacturing, empezando por las 5S, enfocados en la mejora de la productividad y la reducción de tiempos ociosos en la empresa.

## Referencias

- (OIT), O. I. (2013). Una revisión de las Tablas de Suplementos de la Organización Internacional del Trabajo. *Revistadyo*, 64-72.
- Benjamin W., N., & Andris, F. (2009). *Ingeniería Industrial - Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Mexico: The Mc Graw - Hill Companies.
- García Criollo, R. (1998). *Estudio del Trabajo: Ingeniería de Métodos y medición del Trabajo*. México: Mc Graw Hill.
- Hidalgo Guillén, D. E. (2017). *Aplicación del estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad en la línea de impresión serigráfica de la empresa mejor IMAGEN E.I.R.L, CARABAYLLO, LIMA, 2017*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Jananía, C. (2008). *Manual de tiempos y movimientos*. México: Limusa.
- Kamawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra: Organización Internacional del trabajo.
- López, C. (11 de Marzo de 2001). *Gestiopolis*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/el-estudio-de-tiempos-y-movimientos/>
- Ministerio de Energía y Minas. (2012). *Plan de electrificación Rural*. Lima: República del Perú: Ministerio de Energía y Minas .
- Ministerio de la Producción. (2015). *Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y comercio Interno*. Lima: Ministerio de la Producción.
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2012). *Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño de trabajos*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Ninahuanca, C. (30 de Diciembre de 2020). *EL Peruano*. Obtenido de EL Peruano : <https://elperuano.pe/noticia/112626-sector-construccion-se-recupera-y-preven-avance-significativo-el-2021>
- OIT. (27 de Octubre de 2021). *Organización Internacional del trabajo*. Obtenido de OIT: [https://www.ilo.org/global/topics/coronavirus/impacts-and-responses/WCMS\\_824097/lang--es/index.htm](https://www.ilo.org/global/topics/coronavirus/impacts-and-responses/WCMS_824097/lang--es/index.htm)
- Olaya, J. (03 de Mayo de 2021). *Universidad EAFIT*. Obtenido de Escuela de Administración, Finanzas e Instituto Tecnológico: <https://www.eafit.edu.co/escuelas/economiafinanzas/noticias-eventos/Paginas/tendencias-en-la-industria-de-construccion-recuperacion-gradual.aspx>
- Portillo, M. (28 de Julio de 2008). *Monografias.com*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos27/estudio-tiempos/estudio-tiempos.shtml#ixzz5AveKwuPG>
- Ramírez, C. (2006). *Ergonomía y productividad 2da Edición*. México: Limusa.

- Ruiz Abanto, H. F. (2016). *Estudio de métodos de trabajo en el proceso de llenado de tolva para mejorar la productividad de la empresa Agrosemillas Don Benjamín E.I.R.L.* Trujillo.: Universidad Nacional de Trujillo.
- Rupay Claros, E. (2017). *Aplicación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad en la fabricación de garruchas de bronce, SERMEFIT S.A.C., LOS OLIVOS,2017.* Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Salazar López, B. (2016). *Ingenieros Industriales.* Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com>:  
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/producci%C3%B3n/>
- SÁNCHEZ PANDURO, B. R. (2017). *Estudio del Trabajo en la Línea de Producción de Platos al Wok para incrementar la Productividad en el Restaurante Bambú – Independencia 2016.* Lima: Universidad César Vallejo.
- TAPIA DURAND, L. K. (2017). *Estudio de tiempos y métodos para la mejora de la productividad en la línea de producción de colchones en la empresa MONLOP S.A. LIMA, 2017.* 2017: Universidad César Vallejo.

# ANEXOS

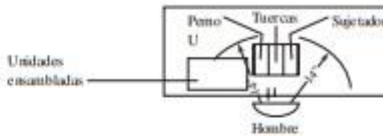


Anexo 1 Diagrama Causa - Efecto sobre la baja productividad

<b>Suboperaciones</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>
1. ¿Puede eliminarse una suboperación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Como innecesaria?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Mediante un cambio en la orden de trabajo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) ¿Mediante un cambio en la herramienta o el equipo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) ¿Mediante un cambio en la distribución del lugar de trabajo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) ¿Mediante la combinación de herramientas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) ¿Mediante un ligero cambio de material?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) ¿Mediante un ligero cambio en el producto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) ¿Mediante un sujetador de acción rápida en los soportes o guías?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Puede hacerse más fácilmente una suboperación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Mediante el uso de mejores herramientas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Mediante la modificación de la distribución del trabajo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) ¿Mediante el cambio de las posiciones de los controles o herramientas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) ¿Mediante el uso de mejores contenedores de material?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) ¿Mediante el uso de la inercia cuando sea posible?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) ¿Haciendo menos estrictos los requisitos de visibilidad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) ¿Mediante mejores alturas del lugar de trabajo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Movimientos</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>
1. ¿Puede eliminarse un movimiento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Como innecesario?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Mediante un cambio en la orden de trabajo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) ¿Mediante la combinación de herramientas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) ¿Mediante un cambio en las herramientas o en el equipo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) ¿Mediante la eliminación del depósito de material terminado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Puede hacerse el movimiento más fácil?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Mediante un cambio en la distribución, acortando distancias?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Mediante el cambio de la dirección de los movimientos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) ¿Mediante el uso de diferentes músculos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uso del primer grupo de músculos que sea lo suficientemente fuerte para la tarea:		
1. ¿Dedo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Muñeca?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Antebrazo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Brazo superior?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ¿Tronco?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) ¿Mediante movimientos continuos en lugar de movimientos bruscos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Paros</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>
1. ¿Puede eliminarse el sostener? (Sostener es extremadamente fatigoso)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Como innecesario?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Mediante un dispositivo simple de sujeción o soporte?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Puede hacerse más fácil el sostener?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Mediante el acortamiento de su duración?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Utilizando grupos de músculos más fuertes, tales como las piernas con dispositivos operados con los pies?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Retrasos</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>
1. ¿Puede eliminarse o acortarse un retraso?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Como innecesario?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Mediante un cambio en el trabajo que cada miembro realiza?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) ¿Equilibrando trabajo entre los miembros del cuerpo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) ¿Trabajando de manera simultánea en dos artículos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) ¿Alternando el trabajo, con cada una de las manos haciendo el mismo trabajo pero fuera de fase?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Ciclos</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>
1. ¿Puede configurarse el ciclo para que se realice más trabajo manual durante el tiempo de operación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Mediante la alimentación automática?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Mediante el suministro automático de material?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) ¿Mediante un cambio en la relación de fase del hombre y la máquina?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) ¿Mediante el corte automático de alimentación al término del corte o en caso de una falla de la herramienta o el material?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Tiempo máquina</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>
1. ¿Puede reducirse el tiempo de máquina?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Mediante el uso de mejores herramientas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Mediante el uso de herramientas combinadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) ¿Mediante el uso de alimentación y velocidades más rápidas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Anexo 2 Lista de verificación de los Therbligs

**Diagrama de procesos bimanual**

Operación: Ensamble de sujetadores de cable		Parte: SK-112		Resumen		Mano izquierda	Mano derecha
Nombre y número del operario: J.B. #1157				Tiempo efectivo:		2.7	11.6
Analista: G. Thuring			Fecha: 6-11-98		Tiempo no efectivo:		11.6    2.7
Método (ponga un círculo en su elección) <b>Presente</b> Pospuesto				Tiempo del ciclo = 14.30 seg.			
Bosquejo: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  <div style="font-size: small;">                     Nota: Rampa de alimentación por gravedad de las partes ensambladas.                 </div> </div>							
Descripción de la mano izquierda		Símbolo	Tiempo	Tiempo	Símbolo	Descripción de la mano derecha	
Tome el perno en U (10")		RE G	1.00	1.00	RE G	Tome el sujetador del cable (10")	
Coloque el perno en U (10")		M P	1.20	1.20	M P RL	Coloque el sujetador del cable (10")	
Sostenga el perno en U		H	11.00	1.00	RE G	Tome la primera tuerca (9")	
				1.20	M P	Coloque la primera tuerca (9")	
				3.40	U	Localice la primera tuerca	
					RL		
				1.00	RE G	Tome la segunda tuerca (9")	
				1.20	M P	Coloque la segunda tuerca (9")	
				3.40	U	Localice la segunda tuerca	
					RL		
Coloque el ensamble		M RL	1.10	0.90	UD	Espere	

Anexo 3 Diagrama de procesos bimanual

Anexo 4

*Calificación para la habilidad*

Habilidad		
0.15	A1	Habilísimo
0.13	A2	Habilísimo
0.11	B1	Excelente
0.08	B2	Excelente
0.06	C1	Bueno
0.03	C2	Bueno
0	D	Medio
-0.05	E1	Regular
-0.1	E2	Regular
-0.16	F1	Malo
-0.22	F2	Malo

Anexo 5

*Calificación para el esfuerzo*

Esfuerzo		
0.13	A1	Excesivo
0.12	A2	Excesivo
0.1	B1	Excelente
0.08	B2	Excelente
0.05	C1	Bueno
0.02	C2	Bueno
0	D	Medio
-0.04	E1	Regular
-0.08	E2	Regular
-0.12	F1	Malo
-0.17	F2	Malo



Anexo 6

*Calificación para las Condiciones*

Condiciones		
0.06	A	Ideales
0.04	B	Excelentes
0.02	C	Buenas
0	D	Medias
-0.03	E	Regulares
-0.07	F	Malas

Anexo 7

*Calificación para la Consistencia*

Consistencia		
0.04	A	Perfecta
0.03	B	Excelente
0.01	C	Buena
0	D	Media
-0.02	E	Regular
-0.04	F	Mala

<b>Postura</b>	
<b>Trabajo</b>	<b>Puntos</b>
Sentado cómodamente	0
Sentado incómodamente	2
A veces sentado y a veces de pie	2
De pie o andando sin carga	4
Subiendo o bajando escaleras sin carga	5
De pie o andando con carga	6
Subiendo o bajando escaleras de mano	8
Debiendo a veces inclinarse, levantarse, estirarse o arrojar objetos	8
Levantando pesos con dificultad	10
Debiendo constantemente inclinarse, levantarse, estirarse o arrojar objetos	12
Extrayendo carbón con un zapapico, tumbado en una veta baja	16
Movimientos o posturas continuos y excesivamente forzados	16

Anexo 9

Vibraciones

<b>Vibraciones</b>	
Trabajo	Puntos
Traspalar materiales ligeros	1
Coser con máquina eléctrica o afin	2
Sujetar el material con prensa o guillotina	2
Tronzar madera	2
Traspalar balastro	4
Trabajar con una taladradora mecánica portátil accionado con una sola mano	4
Picar con zapapico	6
Trabajar con una taladradora mecánica que exige las dos manos	8
Trabajar con una radial eléctrica que exige las dos manos	8
Emplear un martillo perforador sobre hormigón	15

Anexo 10

Ciclo Breve

<b>Ciclo breve</b>			
<i>c.d.m.</i>	<i>Tiempo medio del ciclo</i>		<i>PUNTOS</i>
	<i>segundos</i>	<i>Diezmilésimas</i>	
16,17	9,6-10,2	26,66-28,33	1
15	9	25	2
13,14	7,8-8,4	21,66-23,33	3
12	7,2	20	4
10,11	6-6,6	16,66-18,33	5
8,9	4,8-5,4	13,33-15	6
7	4,2	11,66	7
6	3,6	10	8
5	3	8,33	9
menos de 5	menos de 3	menos de 8,33	10

Anexo 11

*Ropa Molesta*

<b>Ropa molesta</b>	
Trabajo	Puntos
Guantes de caucho para cirugía	1
Guantes de caucho de uso doméstico	2
Botas de caucho	2
Gafas protectoras para afilar	3
Gafas protectoras contra impactos	3
Casco de protección	4
Protección auditiva	4
Careta de protección de soldadura	5
Guantes de caucho o piel de uso industrial	5
Peto y manoplas de protección de soldadura	6
Máscara (para pintar con pistola)	8
Traje de amianto o chaqueta encerada	15
Ropa de protección incómoda y mascarilla de respiración	20

Anexo 12

*concentración*

<b>Concentración/Ansiedad</b>	
Trabajo	PUNTOS
Hacer un montaje corriente	0
Traspalar balastro	0
Hacer un embalaje corriente	1
Lavar vehículos	1
Rellenar de agua una batería	2
Alimentar troquel de prensa sin tener que aproximar la mano a la prensa	2
Pintar paredes	3
Coser a máquina con guía automática	4
Juntar lotes pequeños y sencillos sin necesidad de prestar mucha atención	4
Pasar con carrito a recoger pedidos de almacén	5
Hacer una inspección simple	5
Pintar metal labrado con pistola	6

Anexo 13

*Ansiedad*

<b>Concentración/Ansiedad (continuación)</b>	
Trabajo	PUNTOS
Hacer un montaje corriente	0
Traspalar balastro	0
Hacer un embalaje corriente	1
Lavar vehículos	1
Rellenar de agua una batería	2
Alimentar troquel de prensa sin tener que aproximar la mano a la prensa	2
Pintar paredes	3
Coser a máquina con guía automática	4
Juntar lotes pequeños y sencillos sin necesidad de prestar mucha atención	4
Pasar con carrito a recoger pedidos de almacén	5
Hacer una inspección simple	5

Anexo 14

*Tensión Visual*

<b>Tensión Visual</b>		
<i>Distribución</i>	<i>lux</i>	<i>puntos</i>
1	-0.01	1
2	-0.02	2
3	-0.03	3
4	-0.04	4
5	-0.05	5
6	-0.06	6
7	-7%	7
8	-8%	8
9	-9%	9
10	-10%	10
11	-11%	11
12	-12%	12
13	-13%	13
14	-14%	14
15	-15%	15
16	-16%	16
17	-17%	17
18	-18%	18
19	-19%	19
20	-20%	20

Anexo 15

*Ruido*

**Ruido**

<i>Distribución</i>	<i>db</i>	<i>Valores en DB puntos</i>
1	72	1
2	74	1
3	76	2
4	78	3
5	80	3
6	82	4
7	84	5
8	86	5
9	88	6
10	90	7
11	92	7
12	94	8
13	96	9
14	98	9
15	100	10

Anexo 16

*Emanaciones de Gas*

**Emanaciones de gases**

<i>Trabajo</i>	<i>PUNTOS</i>
Torno con líquido refrigerante	0
Pintura en emulsión	1
Corte con llama oxiacetilénica	1
Soldar con resina	1
Gases de vehículos de motor en un pequeño garaje comercial	5
Pintura celulósica	6
Trabajos de moldeados con metales	10

Anexo 17

*Polvo*

<b>Polvo</b>	
Trabajo	PUNTOS
Trabajo de oficina	0
Operaciones normales de montaje	0
Trabajo en taller de prensas	0
Operaciones de rectificación y bruñido con un buen sistema de aspiración de aire	1
Aserrar madera	2
Evacuar cenizas	4
Abrasión de soldadura	6
Soplar piezas con aire comprimido	7
Trasegar coque de tolvas a volcadores o a camiones	10
Descargar cemento	11
Demoler edificios	12

Anexo 18

*Suciedad*

<b>Suciedad</b>	
Trabajo	PUNTOS
Trabajo de oficina	0
Operaciones normales de montaje	0
Trabajo en taller de prensas	0
Manejo de multcopistas	1
Barrido de polvo o basura	2
Limpieza industrial de suelos de naves	3
Recogida o retirada de escombros	3
Desmontaje de motores de combustión interna	4
Trabajo debajo de un vehículo de motor usado	5
Descarga de sacos de cemento	7
Extracción de carbón	10
Deshollinado de chimeneas	10

Anexo 19

Presencia de Agua

<b>Presencia de Agua</b>	
Trabajo	PUNTOS
Operaciones normales de fábrica	0
Trabajo al aire libre	1
Trabajos continuos en lugares húmedos	2
Apomazado de paredes con agua	4
Manipulación continua de productos mojados	5
Trabajos con agua vapor	10
Trabajos con suelo empapado	10
Manos en contacto con el agua	10

**PRODUC. DE POSTES**

Cod	Descripcion	Turno		Total	
		1	2	Dia	Acum
04001014	POSTE DE CAC DE 08/200/120/240	12		12	
04001025	POSTE DE CAC DE 09/200/120/255	2		2	
#N/D				0	
#N/D				0	
#N/D				0	
#N/D				0	
#N/D				0	
#N/D				0	
#N/D				0	
#N/D				0	
	<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	

Anexo 20 Producción de postes



**ENTREVISTA**

nombre del  
entrevistado  
Nombre del  
investigador  
Rubro de la  
empresa

Objetivo      Obtener información relevante con relación al proceso productivo.

No.	Preguntas realizadas	Observaciones
1	¿Cuáles son los procesos de construcción de postes de 9 y 13 metros?	
2	¿Cuál es la productividad en los procesos de la mano de obra?	
3	¿Cuál es el cuello de botella en la producción de postes?	
4	¿Cuántos trabajadores intervienen en los procesos de producción de postes?	
5	¿Realizan evaluaciones de desempeño por Westinghouse u otro método?	
6	¿Consideran los suplementos para determinar el tiempo de procesamiento estándar?	
7	¿Tienen estandarizado los procesos de producción de postes?	
8	¿Considera alguna actividad o proceso que deba mejorarse?	
9	¿Cuál es el costo de la mano de obra en la producción de postes?	
10	¿Realizaron estudios de tiempos y movimientos en el pasado para la producción de postes?	