



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE POSTES DE
HORMIGÓN ARMADO EN DISPOSTES CIA. LTDA.**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial.

Autor:

Cayo León Jhonatan Fabricio

Tutor Académico:

Ing. MSc. Cristian Xavier Espín Beltrán

Latacunga – Ecuador

Agosto - 2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Cayo León Jhonatan Fabricio**, con cédula de ciudadanía N° 0550067599, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“Optimización del proceso de fabricación de postes de hormigón armado en DISPOSTES CIA. LTDA”**. Siendo el **Ing. MSc. Cristian Xavier Espín Beltrán**, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, Julio 2021



Jhonatan Fabricio Cayo León

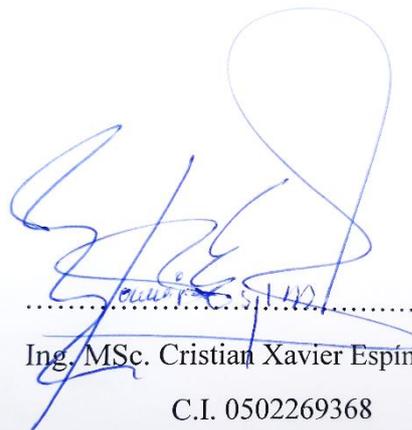
C.I. 0550067599

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“Optimización del proceso de fabricación de postes de hormigón armado en DISPOSTES CIA. LTDA”, elaborado por Cayo León Jhonatan Fabricio, postulante de la carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Agosto 2021


.....
Ing. MSc. Cristian Xavier Espín Beltrán
C.I. 0502269368

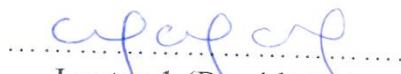
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.; por cuanto, el postulante: **Jhonatan Fabricio Cayo León**, con el título de Proyecto de titulación: “**Optimización del proceso de fabricación de postes de hormigón armado en DISPOSTES CIA. LTDA**” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Agosto del 2021

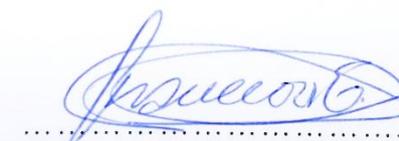
Para constancia firman:



.....
Lector 1 (Presidente)
Ing. MSc Jaime Acurio
CC: 0502574247



.....
Lector 2
Ing. MSc. Josué Constante
CC: 0502034564



.....
Lector 3
PhD. Medardo Ulloa
CC: 1000970325

AVAL DE LA EMPRESA

Latacunga, 21 de Julio del 2021

CERTIFICO:

La empresa DISPOSTES CIA LTDA con ruc: 0591739204001 Representada por el Ing. Oscar Mallitásig como Gerente General avala al Sr., Jhonatan Fabricio Cayo León, con C.I. 0550067599, estudiante de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la Carrera de Ingeniería Industrial, que ha desarrollado con éxito el tema de investigación: “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE POSTES DE HORMIGÓN EN DISPOSTES CIA. LTDA”, cumpliendo con las expectativas establecidas bajo la supervisión de la empresa.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente para que el interesado pueda hacer uso del presente documento para los fines que crea conveniente.

Atentamente;



Firmado electrónicamente por:
**OSCAR GONZALO
MALLITASIG
PANCHI**

**ING.OSCAR MALLITASIG PANCHI
GERENTE DISPOSTES CIA.LTDA.**

AGRADECIMIENTO

El éxito depende de la preparación previa, y sin ella seguro que llega el fracaso.

Doy gracias a Dios por darme salud, vida y sabiduría para culminar con éxito una de mis metas propuestas. Agradezco también la ayuda de los ingenieros con quienes me he cruzado en este trayecto y que han compartido su conocimiento, así como también a mi tutor por su guía.

Mi agradecimiento total y principal a mis padres y hermanos, pues sin el apoyo incondicional de mi valiosa familia nada de esto hubiese sido posible.

Jhonatan Fabricio Cayo León

DEDICATORIA

El esfuerzo reflejado en este trabajo y el logro alcanzado al culminar una gran etapa de mi vida se la dedico con todo el amor y cariño a mi padre Luis, mi madre Beatriz, mi hermana Gaby, mi hermano Brayán, y como no, a mi sobrina Camila, quienes, con su apoyo y consejos han sido la inspiración más grande para seguir y nunca rendirme.

Gracias infinitas a toda mi familia por ser el pilar fundamental en momentos difíciles. Este logro es nuestro.

Jhonatan Fabricio Cayo León

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE LA EMPRESA	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiv
RESÚMEN	xv
ABSTRACT	xvi
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xvii
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1. EL PROBLEMA.....	2
2.1.1. Planteamiento del problema	2
2.1.2. Formulación del Problema.....	3
2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	3
2.3. BENEFICIARIOS.....	3
2.4. JUSTIFICACIÓN	4
2.5. HIPÓTESIS.....	4
2.6. OBJETIVOS	4
2.6.1. General.....	4
2.6.2. Específicos.....	4

2.7.	SISTEMAS DE TAREAS	5
3.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
3.1.	ANTECEDENTES	6
3.2.	MARCO REFERENCIAL / ESTADO DEL ARTE.....	10
3.2.1.	La Ingeniería Industrial	10
3.2.2.	Procesos Industriales	10
3.2.3.	Producción y Productividad	12
3.2.4.	Proceso de fabricación de postes de hormigón armado	12
3.2.5.	Optimización de procesos	14
3.2.6.	Diagramación	15
3.2.6.1.	Diagrama de Flujo	15
3.2.6.2.	Cursograma analítico.....	16
3.2.6.3.	Diagrama de recorrido	17
3.2.7.	Ingeniería de métodos	18
3.2.8.	Estudio del trabajo.....	18
3.2.9.	Estudio de tiempos	20
3.2.9.1.	Equipo para el estudio de tiempos	21
3.2.9.2.	Procedimiento para realizar el estudio de tiempos y formulario	23
3.2.9.3.	Tamaño de muestra.....	23
3.2.9.4.	Valoración del ritmo del trabajo.....	24
3.2.9.5.	Tiempo Básico.....	24
3.2.9.6.	Suplementos.....	24
3.2.9.7.	Tiempo Improductivo	26
3.2.9.8.	Tiempo Estándar.....	27
3.2.9.9.	Capacidad	27
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	28
4.1.	Tipo de Investigación.....	28

4.2. Método	28
4.3. Materiales.....	28
4.4. Técnicas e instrumentos	28
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	34
5.1. Diagrama de flujo actual.....	34
5.2. Diagrama de recorrido actual.....	36
5.3. Cursogramas analíticos actuales	38
5.3.1. Dosificadora.	38
5.3.2. Armado de Moldes.	39
5.3.3. Transporte de Hormigón.	40
5.3.4. Producción del poste.	41
5.4. Estudio de Tiempos Actual.....	42
5.4.1. Dosificadora	42
5.4.2. Armado de moldes	45
5.4.3. Transporte de hormigón	47
5.4.4. Producción de poste	49
5.5. Capacidad de producción actual	52
5.6. Diagrama de flujo propuesto.....	52
5.7. Diagrama de recorrido propuesto.....	53
5.8. Cursogramas analíticos propuestos.....	55
5.8.1. Dosificadora	55
5.8.2. Armado de moldes	57
5.8.3. Transporte de hormigón	58
5.8.4. Producción del poste	59
5.9. Estudio de tiempos propuesto	63
5.9.1. Dosificadora	63

5.9.2. Armado de moldes	63
5.9.3. Transporte de hormigón	65
5.9.4. Producción de poste	67
5.10. Capacidad de producción mejorada	70
5.11. Tabla comparativa.....	70
5.12. Incremento de la productividad	71
5.13. Comprobación de la hipótesis.....	71
5.14. Impacto Social	74
5.15. Impacto Económico	74
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
6.1. CONCLUSIONES	75
6.2. RECOMENDACIONES.....	75
7. BIBLIOGRAFÍA.....	76
8. ANEXOS.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Beneficiarios del proyecto de investigación.....	3
Tabla 2.2. Actividades por objetivo.....	5
Tabla 3.1. Simbología para elaborar un diagrama de flujo y proceso [17].	15
Tabla 3.2. Tipos de cronómetro [14].	22
Tabla 3.3. Escalas de valoración del ritmo del trabajo [14].	24
Tabla 4.1. Simbología de la norma ASME para elaborar un diagrama de flujo [17].	29
Tabla 4.2. Formato para cálculo de suplementos.	31
Tabla 5.1. Descripción del diagrama de recorrido actual de DISPOSTES CIA. LTDA.	36
Tabla 5.2. Cursograma analítico actual de la dosificadora de hormigón.	38
Tabla 5.3. Cursograma analítico actual del armado de moldes.	39
Tabla 5.4. Cursograma analítico actual del transporte de hormigón.	40
Tabla 5.5. Cursograma analítico actual de la producción del poste.	41
Tabla 5.6. Descripción actual de las actividades realizadas en la dosificadora.....	42
Tabla 5.7. Suplementos actuales de la dosificadora basados en la OIT.	43
Tabla 5.8. Observaciones preliminares presentadas en minutos.	43
Tabla 5.9. Estudio de tiempos actual de la dosificadora.	44
Tabla 5.10. Descripción actual de las actividades realizadas en el armado de moldes.	45
Tabla 5.11. Suplementos actuales del armado de moldes basados en la OIT.	45
Tabla 5.12. Observaciones preliminares presentadas en minutos.	46
Tabla 5.13. Estudio de tiempos actual del armado de moldes.....	46
Tabla 5.14. Descripción actual de las actividades realizadas en el transporte de hormigón. ...	47
Tabla 5.15. Suplementos actuales del transporte de hormigón basados en la OIT.	47
Tabla 5.16. Observaciones preliminares presentadas en minutos.	48
Tabla 5.17. Estudio de tiempos actual del transporte de hormigón.....	48
Tabla 5.18. Descripción actual de las actividades realizadas en la producción del poste.	49

Tabla 5.19. Suplementos actuales de la producción del poste basados en la OIT.....	50
Tabla 5.20. Observaciones preliminares presentadas en minutos.	50
Tabla 5.21. Estudio de tiempos actual de la producción del poste.	51
Tabla 5.22. Descripción del recorrido propuesto de DISPOSTES CIA. LTDA.	53
Tabla 5.23. Cursograma analítico propuesto de la dosificadora de hormigón.	56
Tabla 5.24. Cursograma analítico propuesto del armado de moldes.	58
Tabla 5.25. Cursograma analítico propuesto del transporte de hormigón.	59
Tabla 5.26. Cursograma analítico propuesto de la producción del poste.	62
Tabla 5.27. Descripción propuesta de las actividades realizadas en el armado de moldes.	63
Tabla 5.28. Suplementos actuales del armado de moldes basados en la OIT.	64
Tabla 5.29. Observaciones preliminares presentadas en minutos.	64
Tabla 5.30. Estudio de tiempos propuesto del armado de moldes.	65
Tabla 5.31. Descripción propuesta de las actividades realizadas en el transporte de hormigón.	65
Tabla 5.32. Suplementos propuestos para el transporte del hormigón basados en la OIT.	66
Tabla 5.33. Observaciones preliminares presentadas en minutos.	66
Tabla 5.34. Estudio de tiempos propuesto del transporte de hormigón.	67
Tabla 5.35. Descripción propuesta de las actividades realizadas en la producción del poste. .	67
Tabla 5.36. Suplementos propuestos de la producción del poste basados en la OIT.	68
Tabla 5.37. Observaciones preliminares presentadas en minutos.	68
Tabla 5.38. Estudio de tiempos propuesto de la producción del poste.....	69
Tabla 5.39. Comparación de la situación actual y propuesta.	70
Tabla 5.40. Pronóstico de ventas actual de la empresa.	72
Tabla 5.41. Pronóstico de ventas propuesto de la empresa.	73
Tabla 5.42. Comparación de pronóstico de postes actual vs propuesto.	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Generación y uso de la tecnología en la industria [9]	11
Figura 3.2. Fases del proceso de elaboración de postes de hormigón [12].	13
Figura 3.3. Ejemplo de cursograma analítico [17].	16
Figura 3.4. Ejemplo de diagrama de recorrido [17]	17
Figura 3.5. Cómo se descompone el tiempo de trabajo [14].	19
Figura 3.6. Tipos de suplementos [14].	25
Figura 3.7. Valoración de suplementos [14].....	26
Figura 5.1. Diagrama de flujo actual de DISPOSTES CIA. LTDA	35
Figura 5.2. Diagrama de recorrido actual DISPOSTES CIA. LTDA.....	37
Figura 5.3. Diagrama de recorrido propuesto DISPOSTES CIA. LTDA	54

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (3.1).....	12
Ecuación (3.2).....	23
Ecuación (3.3).....	24
Ecuación (3.4).....	27
Ecuación (3.5).....	27
Ecuación (4.1).....	30
Ecuación (4.2).....	31
Ecuación (4.3).....	32
Ecuación (4.4).....	32
Ecuación (4.5).....	32
Ecuación (4.6).....	32
Ecuación (5.1).....	71
Ecuación (5.2).....	71

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE POSTES DE HORMIGÓN ARMADO EN DISPOSTES CIA. LTDA.”

Autor: CAYO LEÓN JHONATAN FABRICIO

RESÚMEN

La empresa DISPOSTES CIA. LTDA tiene como actividad principal la fabricación de postes de hormigón que, pese a tener pocos años de competencia en el mercado se ha posesionado de manera radical en el mismo. Sin embargo, el crecimiento y la innovación debe ser constante ante la competencia. Por ende, es fundamental contar con un estudio de tiempos del área de producción, por lo que el presente proyecto esté enfocado en ello, aplicando una investigación descriptiva y empleando el método inductivo se determina las actividades realizadas en las áreas que requieren análisis para una optimización posterior. Es necesario identificar todos los procesos mediante un diagrama de flujo general y un diagrama de recorrido para tener una idea clara de cómo se realiza un poste de hormigón; además, un cursograma analítico presentan las actividades específicas. La base fundamental del proyecto radica en el estudio de tiempos una vez identificado el proceso en general y las áreas de análisis, tomando en cuenta factores claves como la valoración del ritmo, el tiempo básico y los suplementos para finalmente obtener el tiempo estándar que a su vez permite determinar la capacidad actual de la planta. Finalmente, tras el estudio realizado y su respectivo análisis se propone una mejora al eliminar o combinar ciertas actividades, definir una nueva distribución de planta y plantear un nuevo método, así optimizando e incrementando sus índices de producción con los mismos recursos con los que se cuenta actualmente.

Palabras Claves: Optimización, Proceso, Postes, Diagrama, Tiempos, Mejora.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED

TOPIC: “OPTIMIZATION OF THE MANUFACTURING PROCESS OF REINFORCED CONCRETE POSTS IN DISPOSTES CIA. LTDA”

Author: CAYO LEÓN JHONATAN FABRICIO

ABSTRACT

The company DISPOSTES CIA. LTDA has as its main activity the manufacture of concrete poles that has positioned itself radically in the market, despite having few years of competition in it. However, growth and innovation must be constant in the face of competition. Therefore, it is essential to have a time study of the production area, which is why this project is focused on it, applying a descriptive research and using the inductive method to determine the activities performed in the areas that require analysis for further optimization. It is necessary to identify all the processes through a general flow diagram and a route diagram to have a clear idea of how a concrete pole is made; in addition, an analytical flowchart presents the specific activities. The fundamental pillar of the project lies in the time study once the process in general and the areas of analysis have been identified, taking into account key factors such as the valuation of the rhythm, the basic time and the supplements to finally obtain the standard time that in turn allows to determine the current capacity of the plant. Finally, after the study and its respective analysis, an improvement is proposed by eliminating or combining certain activities, defining a new plant layout and proposing a new method, thus optimizing and increasing production rates with the same resources currently available.

Key words: Optimization, Process, Poles, Diagram, Time, Improvement.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por el señor egresado de la **CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, **Cayo León Jhonatan Fabricio**, cuyo título versa **“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE POSTES DE HORMIGÓN ARMADO EN DISPOSTES CIA. LTDA.”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, julio del 2021.

Atentamente,



Mg. Emma Jackeline Herrera Lasluisa
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS UTC
C.C 0502277031



Firmado digitalmente por
**MARCO PAUL
BELTRAN
SEMBLANTE**



CENTRO
DE IDIOMAS

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: Optimización del proceso de construcción de postes de hormigón armado en DISPOSTES CIA. LTDA.

Fecha de inicio: 05 de Abril del 2021.

Fecha de finalización: Agosto del 2021.

Lugar de ejecución: DISPOSTES CIA. LTDA. – Latacunga.

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

Carrera que auspicia: Carrera de Ingeniería Industrial.

Equipo de Trabajo: Ing. MSc. Espín Beltrán Cristian Xavier.

Cayo León Jhonatan Fabricio.

Área de Conocimiento: 07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 072 Fabricación y procesos.

Línea de investigación: Procesos Industriales. - Las investigaciones que se desarrollen en esta línea estarán enfocadas a promover el desarrollo de tecnologías y procesos que permitan mejorar el rendimiento productivo y la transformación de materias primas en productos de alto valor añadido, fomentando la producción industrial más limpia y el diseño de nuevos sistemas de producción industrial. Así como diseñar sistemas de control para la producción de bienes y servicios de las empresas públicas y privadas, con el fin de contribuir al desarrollo socio económico del país y al cambio de la matriz productiva de la zona.

Sub líneas de investigación de la Carrera: Calidad, diseño de procesos productivos e ingeniería de métodos.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. EL PROBLEMA

En América Latina, a partir del siglo XX el hormigón armado se convierte en un elemento clave en la construcción y fabricación de prefabricados del material introduciéndolo en la industrialización, misma que crea más del 10% de oportunidades de empleo, ya que la industria es una fuente muy importante de empleo y desarrollo de los países. En Latinoamérica la mayoría de países aún no son capaces de fabricar todos o la mayoría de sus productos por sí solos, esto puede ser debido a la falta en conocimientos e innovaciones tecnológicas y a un insuficiente crecimiento en la productividad, disminuyendo el nivel de competitividad con la industria internacional. Argentina, Brasil y México son los países que fabrican la mayor parte de sus productos en la región, mientras que el resto tiene aún mucho trabajo por hacer en cuanto a procesos de fabricación que los ayude a mejorar la eficiencia e innovación en las empresas.

En Ecuador el tendido de líneas eléctricas y de telecomunicaciones no ha evolucionado considerablemente y las redes de distribución en su mayoría aún se la realiza a través de postes de hormigón armado. La fabricación de los postes a nivel nacional se realiza con longitudes y cargas establecidas, exigiendo a todas las empresas dedicadas a esta actividad en nuestro país a cumplir con todas las exigencias y requerimientos. La fabricación de postes de hormigón se encuentra limitada posiblemente debido al desarrollo e innovación que presenta el mercado, el personal encargado debe ser el más apropiado en conocimientos y totalmente capacitado.

2.1.1. Planteamiento del problema

El estudio de tiempos es primordial en la industria, de la misma manera, su estudio permite hacer un análisis de la empresa, es así que en DISPOSTES CIA. LTDA, una empresa constituida el 04 de abril del 2017, la ausencia del estudio mencionado anteriormente acarrea diferentes problemas que incide en el crecimiento a nivel empresarial y productivo, manteniéndose en un nivel estático. La planta de producción de DISPOSTES CIA. LTDA. Dedicada a la actividad de fabricación y comercialización de postes de hormigón armado para tendido eléctrico y de telecomunicaciones, por ser una empresa nueva en el mercado presenta algunos posibles problemas identificados en campo. Al tener 4 años de funcionamiento, la empresa no cuenta con un estudio de tiempos de cada una de las áreas inmersas en el proceso de fabricación.

Las instalaciones que abarca todo el proceso productivo no cuenta con un techo, es decir todo el proceso se encuentra a la intemperie lo que ocasiona varios problemas como el tiempo improductivo, afectando directamente a la productividad debido a los factores climáticos.

En el área de materia prima, donde se encuentra todos los materiales finos y gruesos, al llegar material, el vehículo ingresa a la planta, incomodando el espacio de trabajo y a su vez interrumpiendo al telehandler en el proceso de producción, puesto que es quien se encarga de la descarga del material con una pala, de esta manera se generan tiempos muertos por parte del manipulador telescópico.

Pero, el posible problema principal se puede decir que empieza en el método empleado tras adquirir una dosificadora de hormigón que, en su defecto, ayuda al crecimiento de la empresa, pero no cuenta con un estudio previo para un correcto funcionamiento, pues realiza el hormigón armado de manera rápida y eficaz con tan solo un operador al mando de un tablero de control, sin embargo, existe un posible cuello de botella a la hora de transportar el material y consigo en el área de producción, donde se empieza a fundir los postes. Esto debido a que el transporte sigue siendo de manera manual, con carretillas, produciendo demoras ya que para seguir haciendo hormigón armado se debe esperar a que el chimbuzo sea vaciado.

Además, aparentemente tras una observación rápida en la empresa, existe una incorrecta distribución de planta, las distintas áreas existentes no tienen una secuencia lógica acorde al proceso, por lo que existen movimientos innecesarios, que al analizarlos se puede optimizar tiempos.

2.1.2. Formulación del Problema

¿El estudio de tiempos en el proceso de fabricación de postes de hormigón armado permite optimizar los procesos en DISPOSTES CIA LTDA.?

2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

Objeto: Optimización de procesos.

Campo de acción: 330000 Ciencias Tecnológicas / 3310 Tecnología Industrial / 3310.03 Procesos Industriales, 3310.07 Estudio de tiempos y Movimientos.

2.3. BENEFICIARIOS

Tabla 2.1. Beneficiarios del proyecto de investigación.

Beneficiarios		Cantidad (personas)
Directos	Gerencia	1
	Empleados	49
Indirectos	Clientes	20

2.4. JUSTIFICACIÓN

El estudio del trabajo es un ente fundamental en las pequeñas, medianas y grandes empresas, pues esto implica distintos factores que permiten evaluar el desempeño de la empresa, así como también determinar problemas que pueden estar presentes en el proceso de producción. El presente trabajo de investigación pretende optimizar los procesos y subprocesos correspondientes a la construcción de postes de hormigón armado en DISPOSTES CIA. LTDA, por medio de la identificación de las actividades constructivas para que mediante la aplicación de conocimientos sobre estudio de trabajo, producción e ingeniería de métodos se desarrolle un estudio de tiempos, diagramas de flujo, procesos, recorrido, layout, entre otras herramientas que permitan determinar la capacidad de producción de la planta, así como las falencias existentes en el proceso y que pueden ser optimizadas. Una vez concluido el estudio, se realizará el análisis respectivo para el desarrollo de un plan de mejoramiento en tiempos que suministrará alternativas de mejoramiento en los niveles de producción de la empresa.

En el análisis del proceso se emplearán técnicas como recolección de datos, metodologías de la investigación e identificación de factores que intervienen en el mismo, para así, en el plan de mejoramiento determinar el nivel máximo de optimización de tiempos, los movimientos innecesarios y posibles alternativas extra de mejora que permitan aumentar su capacidad de producción.

Finalmente, el presente estudio e investigación permitirán identificar puntos fundamentales para el análisis de las posibles alternativas en el plan de mejoramiento en tiempos que permitan el crecimiento de la compañía, mejorando su productividad.

2.5. HIPÓTESIS

¿El estudio de tiempos incide en la optimización de los procesos de fabricación de postes de hormigón de la empresa DISPOSTES CIA LTDA?

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. General

Optimizar el proceso de fabricación de postes de hormigón armado mediante un estudio de tiempos para el desarrollo de un plan de mejoramiento en la empresa DISPOSTES CIA. LTDA.

2.6.2. Específicos

- Identificar los procesos y subprocesos presentes en la línea de producción de postes de

hormigón armado mediante registros de información para la elaboración de diagramas.

- Realizar un estudio de tiempos actual en la planta a través de técnicas del estudio de trabajo para la obtención de la capacidad de producción.
- Desarrollar un plan de mejoramiento en tiempos en el proceso de fabricación de postes de hormigón armado por medio de un análisis del estudio realizado para su optimización.

2.7. SISTEMAS DE TAREAS

Tabla 2.2. Actividades por objetivo

Objetivos específicos	Actividades (Tareas)	Resultados esperados	Técnicas, medios e instrumentos
Identificar los procesos de fabricación de postes de hormigón armado mediante registros de información para la elaboración de diagramas.	Identificación de los procesos y subprocesos de producción. Identificación del número de trabajadores en los diferentes procesos. Registro de todas las actividades realizadas por los trabajadores.	Procesos productivos identificados. Número de trabajadores por procesos identificados. Registro de actividades realizadas por los trabajadores en los diferentes procesos.	Diagrama de flujo, recorrido y Cursograma analítico.
Realizar un estudio de tiempos actual en la planta a través de técnicas del estudio de trabajo para la obtención de la capacidad de producción.	Registro de tiempos en los procesos productivos. Cálculo del tiempo estándar de cada proceso. Cálculo de la capacidad actual de la planta.	Tabla de registro de tiempos de los procesos productivos. Tiempo estándar de cada proceso. Capacidad actual de la planta.	Estudio de tiempos.
Desarrollar un plan de mejoramiento en tiempos en el proceso de fabricación de postes de hormigón armado por medio de un análisis del estudio realizado para su optimización.	Análisis de los diagramas actuales de la empresa. Análisis del estudio de tiempos actual. Elaboración del plan de mejoramiento en tiempos.	Plan de mejoramiento en tiempos.	Procedimiento de mejoramiento.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. ANTECEDENTES

Según Jijón K, en el proyecto de trabajo de graduación con el asunto “Estudio de tiempos y movimientos para mejoramiento de los procesos de producción de la empresa Calzado Gabriel”, pretende analizar los procesos de la elaboración de calzado en la empresa “Calzado Gabriel”, para de esta manera determinar todos los posibles problemas existentes y proponer alternativas de solución que ayuden a optimizar los mismos. Dentro de la optimización, una de las herramientas de gran utilidad es el estudio de tiempos y movimientos [1].

Para llevar a cabo el proyecto, inicialmente es necesario conocer la situación actual de la empresa, definiendo que la empresa presenta pérdida de tiempos, lo que conlleva a tener una capacidad de producción limitada. Los métodos inadecuados en el área de producción y la mala distribución de la planta generan movimientos innecesarios que a su vez genera tiempos improductivos aumentando el tiempo de producción de calzado.

Identificado los posibles problemas se procede a analizar las operaciones que componen la línea de producción de zapatos para la elaboración de diagramas de flujo, de proceso, recorrido y el layout de la planta. El estudio de tiempos se realizará con la finalidad de establecer el tiempo observado y el tiempo estándar de cada una de las áreas inmersas en el proceso de producción tomando en cuenta los tiempos de suplementos y de esta manera obtener los tiempos totales tanto el estándar y el productivo para seguidamente calcular la capacidad de producción actual de la empresa.

Tras realizar el estudio de tiempos y movimientos se tiene que el proceso presente de calzado Gabriel consigue fabricar 0,069506 lotes de 48 pares de zapatos por hora, es decir 2,78 lotes de 48 pares a la semana. Con estos antecedentes se establece cambios y propuestas de mejora que ayude a la empresa a eliminar tiempos improductivos y movimientos innecesarios, para ello se plantea una redistribución de planta y cambios del método de trabajo.

Finalmente, el proyecto presenta su propuesta con nuevos tiempos, diagramas y una nueva distribución de planta, teniendo como resultado una mejora en el tiempo total estándar y de productividad, mejorando consigo la capacidad y siendo capaz de producir 0,078297 lotes de 48 pares en cada hora, es decir 3,13 lotes de 48 pares a la semana, incrementando en un 12,65 % la productividad.

En la tesis propuesta por Ricaurte F. con el tema “Optimización de los procesos que se desarrollan en la empresa Sadinsa S.A.”, previo a la obtención del título de ingeniero industrial plantea como objeto de estudio el aplicar diversas metodologías de análisis que permitan evaluar y establecer las causas y factores que pueden favorecer o ser un obstáculo para los procesos que desarrolla la empresa Sadinsa S.A, la empresa mencionada se dedica al desarrollo de proyectos dentro del campo de la industria alimenticia y pesquera, específicamente enfocado al diseño, implementación, mantenimiento y servicio técnico de sistemas automáticos, paneles de automatización, etc. Así, teniendo como propósito del proyecto optimizar sus procedimientos para incrementar los niveles de productividad y competitividad en el sector [2].

El objetivo general planteado en el proyecto pretende desarrollar un estudio que ofrezca optimizar los procesos mediante herramientas de mejora continua que permitan perfeccionar la gestión de los proyectos de la empresa SADINSA S.A. Para cumplir con este objetivo es necesario diagnosticar a la empresa para identificar todos los posibles problemas que presenta la misma y analizarlos. Este análisis permitirá identificar las causas que generan dichos problemas y así establecer una planificación que contenga acciones correctivas o de mejora en sus procesos, establecer relaciones entre la evaluación de resultados anteriores con los valores estándar, proponer mejoras en el proceso de una manera planificada para disminuir los efectos negativos de los balances previos durante la ejecución de proyectos y mejorar la metodología para las futuras evaluaciones de desempeño que se lleven a cabo en la institución.

La empresa presenta deficiencias en diversas actividades, entre ellas el describir los procesos requeridos al adquirir bienes y/o servicios, la falta de control en el cumplimiento del presupuesto y el cronograma de un proyecto, control de materiales e inventarios y el análisis y selección de proveedores, estas anomalías se reflejan en las discrepancias existentes al desarrollar un proyecto, por lo que, los resultados obtenidos con el trabajo realizado permite conocer las fortalezas y debilidades y así determinar en qué puntos se debe poner más énfasis, además, se reducirá las horas – hombre invertidas en solicitud y traslado de material, mejorar el entorno laboral, mantener al personal capacitado y comprometido con la empresa para de esta manera mantener un nivel alto de competitividad en el mercado.

En el trabajo realizado por Yuqui J. con el “Estudio de procesos, tiempos y movimientos para mejorar la productividad en la planta de ensamble del modelo Golden en Carrocerías Megabuss”, ante el problema de que no cuenta con estándares de tiempos y movimientos que ayude a estandarizar la producción, el presente proyecto se basa en el estudio de procesos,

tiempos y movimientos con un estudio insitu, en donde fue indispensable diagnosticar las actividades y al personal de la línea de producción para elaborar diagramas de operaciones de proceso, de distribución de planta y de recorrido. Posteriormente se realizó un estudio de tiempos con tres mediciones para mayor exactitud, inmediatamente se efectuó el procesamiento y análisis de los resultados, determinando que en la planta existe tiempos improductivos que retrasa el tiempo de producción limitando su productividad [3].

Una vez realizada la investigación se ha podido identificar los tiempos improductivos y los problemas que sobresalen son la falta de experiencia, capacitación y adiestramiento al personal nuevo, atrasos en la provisión de materiales y re trabajo, provocando retraso en las fases de ensamble. Por lo que, se ha ejecutado el ajuste de algunas operaciones en los procesos de estructura 1, estructura 2, forjados y pre acabados, para de esta manera reducir los tiempos improductivos. Además, se presenta como propuesta un nuevo diagrama de recorrido que consta de las mismas operaciones, pero con una distribución mejorada en las diferentes áreas, mejorando consigo las rutas por donde se traslada los materiales, así logrando optimizar el proceso de la línea de producción y aumentando la misma a la vez que mantiene la calidad del producto.

En 2018, se presenta el proyecto “Estudio de tiempos y movimientos en la empresa embotelladora de guayusa Ecocampo”, propuesto por Vilacreses G, donde propone mediante un análisis de tiempos y movimientos mejorar los procesos productivos en la embotelladora de bebida de Guayusa Ecocampo, misma que no tiene un proceso tecnificado que ayude a controlar los tiempos y recursos, generando así desperdicios que limitan la productividad. Por lo mismo, para cumplir con el objetivo planteado se empieza por realizar un levantamiento de información que ayude a obtener un diagnóstico actual de los procesos productivos de la empresa [4].

Teniendo el diagnóstico claro, es fundamental acudir a una de las herramientas más útiles del estudio del trabajo, el análisis de tiempos y movimientos, esta herramienta ayuda a determinar el tiempo estándar por procesos y de manera general de la línea de producción, para posteriormente elaborar una propuesta de mejora basado en el estudio realizado. En la propuesta planteada se presenta un nuevo método de trabajo basado en nuevos diagramas mejorados, al igual que los tiempos de ejecución del proceso. También se propone una nueva distribución de planta y finalmente se presenta una comparación del método actual vs el método propuesto, teniendo como resultados una reducción significativa del tiempo estándar, teniendo así un total de 369,31 minutos, a comparación del estudio actual donde el tiempo fue de 641,45 minutos,

teniendo un ahorro de tiempo de 272,14 minutos, lo que representa una disminución en el tiempo de producción del 42,43%, siendo inversamente proporcional a la productividad, mejorando sus niveles.

El trabajo de investigación presentado posterior al logro de obtención del título de Ingeniero Industrial realizado por Marcalla J, se planteó el “Estudio del proceso de fabricación de yogurt para la optimización de tiempos y movimientos en la empresa de productos lácteos “LEITO”, donde para llevarlo a cabo se inicia, primeramente identificando los principales problemas, entre ellos, se ocupaba mayor tiempo al preparar el tanque cuando se recibe la materia prima, el traslado de la leche cruda al tanque de almacenamiento, almacenamiento de la leche cruda y el traslado de la muestra para el control de acidez. Una vez teniendo claros los inconvenientes presentados en la empresa, se procede al levantamiento de tiempos y movimientos utilizando el método por cronometraje de regresión a cero para cada área de trabajo y obteniendo finalmente un tiempo normal total de 7 horas 20 minutos 4 segundos [5].

Se realizó un análisis del estudio de tiempos y movimientos actual, con la finalidad de reducir los mismos, para ello se optó por técnicas como capacitaciones al personal del área de producción referente al proceso productivo, la productividad, el uso de equipos y la seguridad. Así también, el reducir ciertas tareas fue de mucha ayuda para reducir tiempos innecesarios, para con estas medidas de mejora adoptadas realizar un método de reingeniería del proceso, optimizando los tiempos y consiguiendo alcanzar un tiempo estándar de 5 horas 34 minutos y 04 segundos, aumentando en un 49% la productividad de recursos en el proceso como la mano de obra y la productividad global del proceso actual incrementó en un 37% en comparación con el método actual.

Todos estos estudios realizados en diferentes empresas, demuestran que la ingeniería industrial posee la capacidad de optimizar procesos mediante un estudio de tiempos, contribuyendo así a que los niveles de productividad aumenten considerablemente mediante propuestas de mejora continua.

3.2. MARCO REFERENCIAL / ESTADO DEL ARTE

3.2.1. La Ingeniería Industrial

Según Borrego A, la ingeniería industrial alcanzó un potencial a partir de la revolución industrial, su importancia va creciendo significativamente por el aporte que brinda a la eficiencia y la productividad empresarial [6].

La definición de Ingeniería Industrial (II) enunciada por el Instituto Americano de Ingenieros Industriales es: La ingeniería industrial implica el diseño, mejora y montaje de sistemas integrados de mano de obra, mater prima y equipos. Utiliza los conocimientos y habilidades profesionales de las matemáticas, la física y las ciencias sociales, así como los principios y métodos de análisis y diseño de ingeniería para especificar, pronosticar y estimar los resultados obtenidos de estos sistemas [7].

El tema de las industrias fue señalado por Stincer J, asumiendo lo siguiente: “Las industrias, al igual que las especialidades, se caracterizan por producir un producto útil para la sociedad, el cual estará acorde con la misión social de la industria dentro de la sociedad” [8].

En la vida cotidiana, los servicios y bienes de los que toda la sociedad disfruta, en realidad son productos acabados procedentes de varias actividades industriales. Son el resultado del trabajo de mucha gente. La producción de cada uno de ellos requirió la utilización de recursos financieros, humanos y materias primas para obtener un resultado, promoviendo la optimización de los procesos a través del análisis de las subprocesos y actividades para proponer alternativas de mejoramiento continuo.

3.2.2. Procesos Industriales

Dentro de la industria, se llama proceso a la aplicación de una serie de etapas lógicas ordenadas cronológicamente teniendo un objetivo en común. Entonces, un proceso industrial se refiere al conjunto de acciones que se llevan a cabo para mediante trabajos físicos o químicos generar productos que son de beneficio para la población. Como se menciona, para la transformación de la materia prima en productos con valor comercial es necesario seguir una serie de etapas lógicas con la ayuda de insumos y suministros. El proceso de transformación requiere de conocimientos previos de las ciencias puras y aplicadas.

Los ingenieros industriales son, en buena medida, los responsables principales de que un país pueda salir de la dependencia tecnológica. Al estar en contacto cotidiano y dominar los procesos industriales, aunado al hecho de que tienen conocimientos teóricos y prácticos de todos los procesos, es posible que logren no sólo modificar algunos procesos para mejorarlos, sino

también que logren generar nuevos, a través de la creación de nueva tecnología [9].

La generación de tecnología y la forma en la cual se introduce en la industria se presentan en la Figura 3.1.

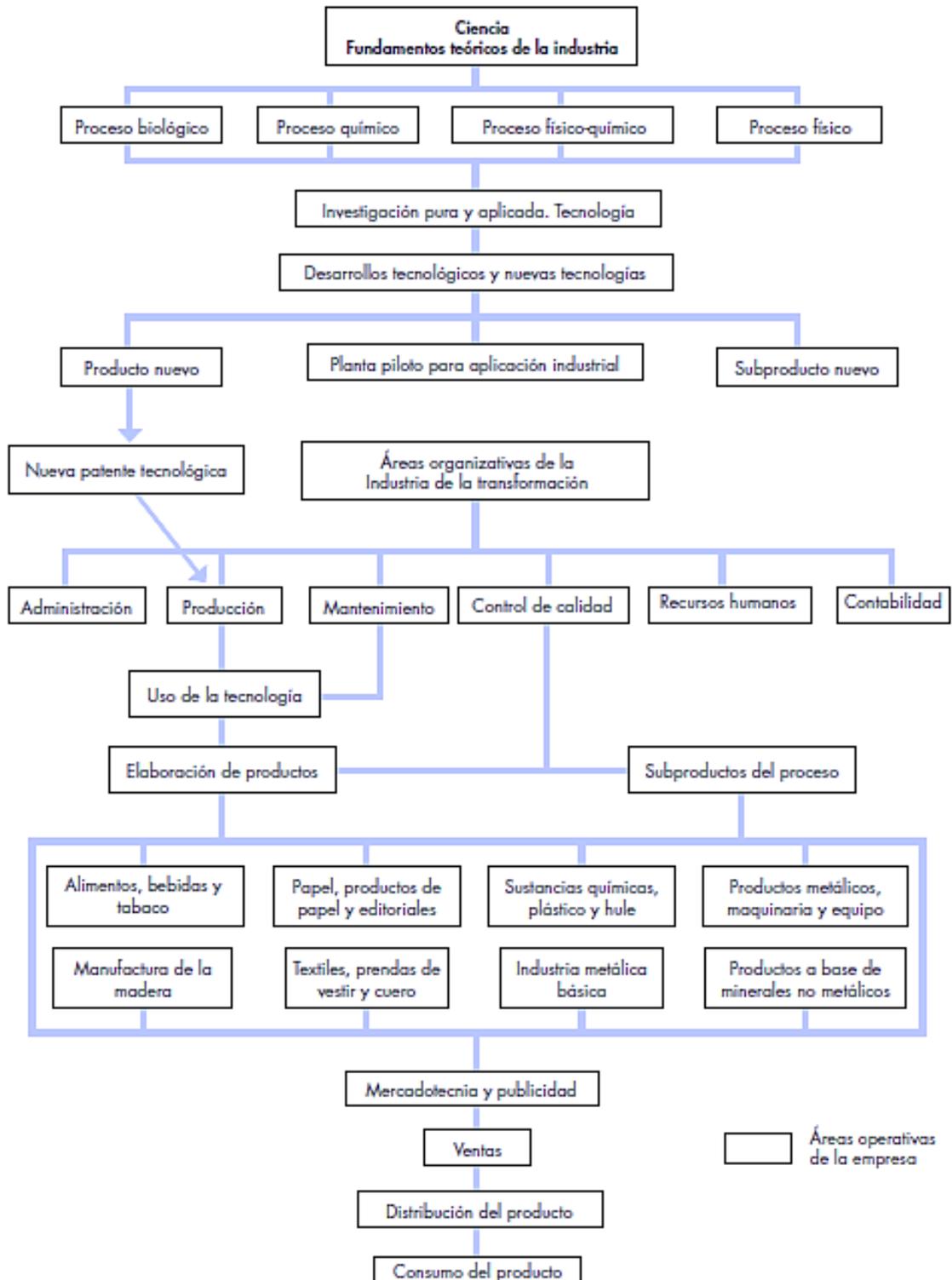


Figura 3.1. Generación y uso de la tecnología en la industria [9]

3.2.3. Producción y Productividad

Producción, es el proceso que conlleva a la fabricación o elaboración de un producto que satisface una necesidad. Al hablar de producción industrial, el enfoque está dirigido al conocimiento del proceso que, a su vez, sigue una serie de pasos, métodos y técnicas para la transformación de la materia prima con la ayuda de maquinaria y la mano de obra.

La productividad es una medida común para saber si un país, industria o unidad de negocios utiliza bien sus recursos (o factores de producción). Dado que la gestión de suministros y operaciones se centra en hacer el mejor uso posible de los recursos de la empresa, medir la productividad es fundamental para comprender el rendimiento operativo. [10].

La única forma en que un negocio o empresa puede crecer e incrementar sus ganancias es mediante el aumento de su productividad. La mejora de la productividad se refiere al aumento en la cantidad de producción por hora de trabajo invertida [13].

La productividad se define como la relación entre salidas y entradas (insumos), tal como se muestra en (3.1):

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Salidas}}{\text{Insumos}} \quad (3.1)$$

Según Niebel, dentro de la importancia de la productividad menciona que: “las herramientas fundamentales que generan una mejora en la productividad incluyen métodos, estudio de tiempos estándares (a menudo conocidos como medición del trabajo) y el diseño del trabajo” [11].

3.2.4. Proceso de fabricación de postes de hormigón armado

Los postes de hormigón armado circular poseen ciertos procedimientos, actividades, inspecciones y controles, iniciándose en la preparación de la formaleta metálica, que es el elemento que dará la forma física al hormigón para obtener el producto final, el cual tiene la forma de cono truncado, la calidad del terminado dependerá de la limpieza del molde y la correcta aplicación del desmoldante para evitar que la mezcla de hormigón se adhiera a la formaleta, caso contrario el poste presentará escaras e imperfecciones en su superficie, las cuales afectan a la estética y presentación del producto y por ende a la calidad del mismo. [12]

Estos postes de hormigón armado constan de las siguientes fases que se muestra en la Figura 3.2.



Figura 3.2. Fases del proceso de elaboración de postes de hormigón [12].

Receptar y almacenar materias primas: El objetivo de este punto sería asegurar el cumplimiento de la calidad, normativas INEN que requieren las materias primas, además de recibir los productos aptos para elaborar los postes de hormigón armado. El personal responsable de la recepción de materia prima serán los albañiles quienes estarán supervisados. El personal de la recepción deberá estar informado de la orden de entrega y características de los materiales a recibir [12].

Limpieza y preparación de los moldes o formaletas: Los moldes van a ser metálicos, y estarían ubicados en la planta de producción, cada uno debe estar limpiado en su totalidad, posterior a la limpieza se aplica el aditivo con una brocha mediana [12].

Construcción de la armadura de acero: Dependiendo de la longitud del poste que se requiera elaborar, se tendrán listos los diseños, conjuntamente con las varillas corrugadas que serán los elementos longitudinales de la estructura y así mismo se procederán a elaborar los estribos, para adherirlos y amarrarlos con alambre recocido en los puntos donde se señalaran los contactos para pasarlos a los moldes y finalizamos colocando el molde en el eje interior de la formaleta y la aseguramos [12].

Preparación del hormigón: Colocamos proporciones establecidas como son: arena, ripio y fundamentalmente el cemento mediante recipientes colocados estratégicamente, una vez hecho esto procederíamos a prender la concreteira para que se mezclen, una vez realizado este proceso agregamos agua y por último el aditivo [12].

Finalizada la mezcla, procederíamos a que se transporte en carretillas hasta la formaleta para llenarla, en este punto arrancaríamos con el proceso de vibración que se encuentran formados por dos motores eléctricos, esto sirve para que quede uniforme la masa sin huecos de aire y su

acabado sea liso. Una vez realizado esto, procederíamos a colocar la placa con las características requeridas según las normas que se imprimirían en plantillas metálicas [12].

Fraguado: Cuando transcurra tres horas, podríamos manipularle con cuidado, abriendo así la formaleta, realizando una mueca para colocar una señal de 2 mm de profundidad, terminamos pintando de esmalte rojo, el poste de hormigón pasa a reposar a un lado del molde [12].

Traslado: Con ayuda de una estructura metálica que abraza al poste en forma longitudinal es retirado de su molde [12].

Acopio: Se lo trasladaría con cuidado hasta la plataforma de acopio mediante un monorriel que va a estar instalado a lo largo de la planta. Los mismos se pueden apilar hasta en 5 filas los de 10 metros y hasta 3 filas los de 12 metros [12].

Curado: Cuando el poste se encuentra en la plataforma, se rociará en su totalidad con el aditivo antisol, para evitar que los rayos solares, el viento, la humedad le deshidrate. El poste estaría listo para ser manipulado a partir del día 26 luego de aplicado el aditivo [12].

Pruebas: Finalmente, el poste fabricado será sometido a pruebas para verificar su calidad y la garantía para los clientes.

3.2.5. Optimización de procesos

La optimización de los procesos es el estudio sistemático de las actividades y flujos de cada proceso a fin de mejorarlo. Su propósito es aprender las cifras, entender el proceso y desentrañar los detalles. Una vez que se ha comprendido realmente un proceso, es posible mejorarlo. La implacable presión por ofrecer una mejor calidad a un menor precio significa que las compañías tienen que revisar continuamente todos los aspectos de sus operaciones. Como afirmó el presidente ejecutivo de Dana Corporation, la empresa fabricante de partes para automóviles tasada en 7,900 millones de dólares: “Hay que mejorar la productividad por siempre”. El mejoramiento de los procesos sigue su marcha, independientemente de que un proceso sea sometido o no a la reingeniería. Se examina cada aspecto del proceso. Una persona o todo un equipo examinan el proceso usando las herramientas que se describen en el siguiente capítulo. Debe buscarse la manera de racionalizar las tareas, eliminar por completo procesos enteros, suprimir materiales o servicios costosos, mejorar el entorno o hacer que los puestos de trabajo sean más seguros. Debe encontrarse el modo de reducir los costos y retrasos y de mejorar la satisfacción del cliente [13].

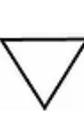
3.2.6. Diagramación

Palacios, en su libro menciona que, para simplificar el análisis del proceso de construcción o fabricación se requiere de la ayuda de diagramas simplificados que utilizan un lenguaje y una simbología que incluyen varios conjuntos y estándares de elementos, mediante los cuales es posible detallar de manera más rápida y efectiva el orden en que se realiza una actividad productiva. El lenguaje y la simbología fueron propuestos y publicados por ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos), el 21 de mayo de 1.947 y son hoy ampliamente utilizados por su facilidad de comprensión. [16]

3.2.6.1. Diagrama de Flujo

Este diagrama es elaborado mediante simbologías con significados específicos que nos permiten entender rápidamente el proceso que se va a estudiar. Los símbolos usados para su elaboración se presentan en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Simbología para elaborar un diagrama de flujo y proceso [17].

Simples		
Símbolo	Representa	Significado
	Operación.	Muestra las principales fases del proceso, método o procedimiento.
	Inspección.	Indica que se verifica la calidad y/o cantidad de algo.
	Desplazamiento o transporte.	Indica el movimiento de los empleados, material y equipo de un lugar a otro.
	Depósito provisional o espera.	Indica demora en el desarrollo de los hechos.
	Almacenamiento permanente.	Indica el depósito de un documento o información dentro de un archivo, o de un objeto cualquiera en un almacén.
Combinados		
	Origen de una forma o documento.	Indica el hecho de elaborar una forma o producir un informe.
	Decisión o autorización de un documento.	Representa el acto de tomar una decisión o bien el momento de efectuar una autorización.
	Entrevistas.	Indica el desarrollo de una entrevista entre dos o más personas.
	Destrucción de documento.	Indica el hecho de destruir un documento o parte de él, o bien la existencia de un archivo muerto.

3.2.6.2. Cursograma analítico

Este diagrama es de los más eficaces, puesto que permite tener una vista mucho más panorámica de la trayectoria y lo que pasa en el proceso de fabricación de un producto. Se realiza en relación de tres variables: el operario, el material y el equipo o maquinaria como se presenta en el ejemplo de la Figura 3.3.

CURSOGRAMA ANALITICO				Material					
Diagrama núm. 2 Hoja núm. 1		Resumen							
Objeto	Actividad	Actual	Pro						
Motores de autobús usados	Operación ○	4	3	1					
	Transporte □	21	15	6					
	Espera ⇨	3	2	1					
	Inspección ◻	1	-	1					
	Almacenamiento ▽	1	1	1					
Método propuesto	Distancia (metros)	238.5	150	88.5					
Lugar de desengrase	Tiempo (min. nombre)	_____	_____	_____					
Operarios	Ficha núm. 1234 571	Costo							
Compuesto por:		Mano de obra							
Aprobado por:	Fecha	Material							
		Total	_____	_____	_____				
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min.)	Símbolo					Observaciones
				○	⇨	◻	□	▽	
Almacenamiento en local de motores usados									
Motor recogido									
Transportado hasta trailer de desmontes									Grúa Eléctrico Monocarril
Descargado		55							
Desmontado									
Transportado hasta jaula de desengrase									
Colocado en jaula		1							A mano
Transportado hasta desengrasadora									Grúa
Colocado en desengrasadora		1.5							
Desengrase									
Secado de desengrasado									
Transportado desde desengrasadora									
Descargado en tierra		4.5							
Dejado enfriar									
Transportado hasta bancos de limpieza									
Limpiadas todas las piezas		6							
Recogidas todas las piezas en bandejas especiales									
Esperar transporte		6							
Bandejas y bloque de los cilindros cargados en un carrillo									
Transportados hasta el departamento de inspección de motores									
Bandejas deslizadas hasta bancos de inspección y bloques hasta plataforma		76							En carrillo
Total		150		3	15	2	-1		

Figura 3.3. Ejemplo de cursograma analítico [17].

3.2.6.3. Diagrama de recorrido

Es un diagrama que indica movimiento, prácticamente es un plano más o menos a escala de la planta y el proceso que se va a evaluar donde se presenta las áreas de trabajo y la posición de las maquinas usadas en el proceso, mediante la cual se trazan los movimientos realizados para la fabricación del producto. En la Figura 3.4. se presenta un ejemplo.

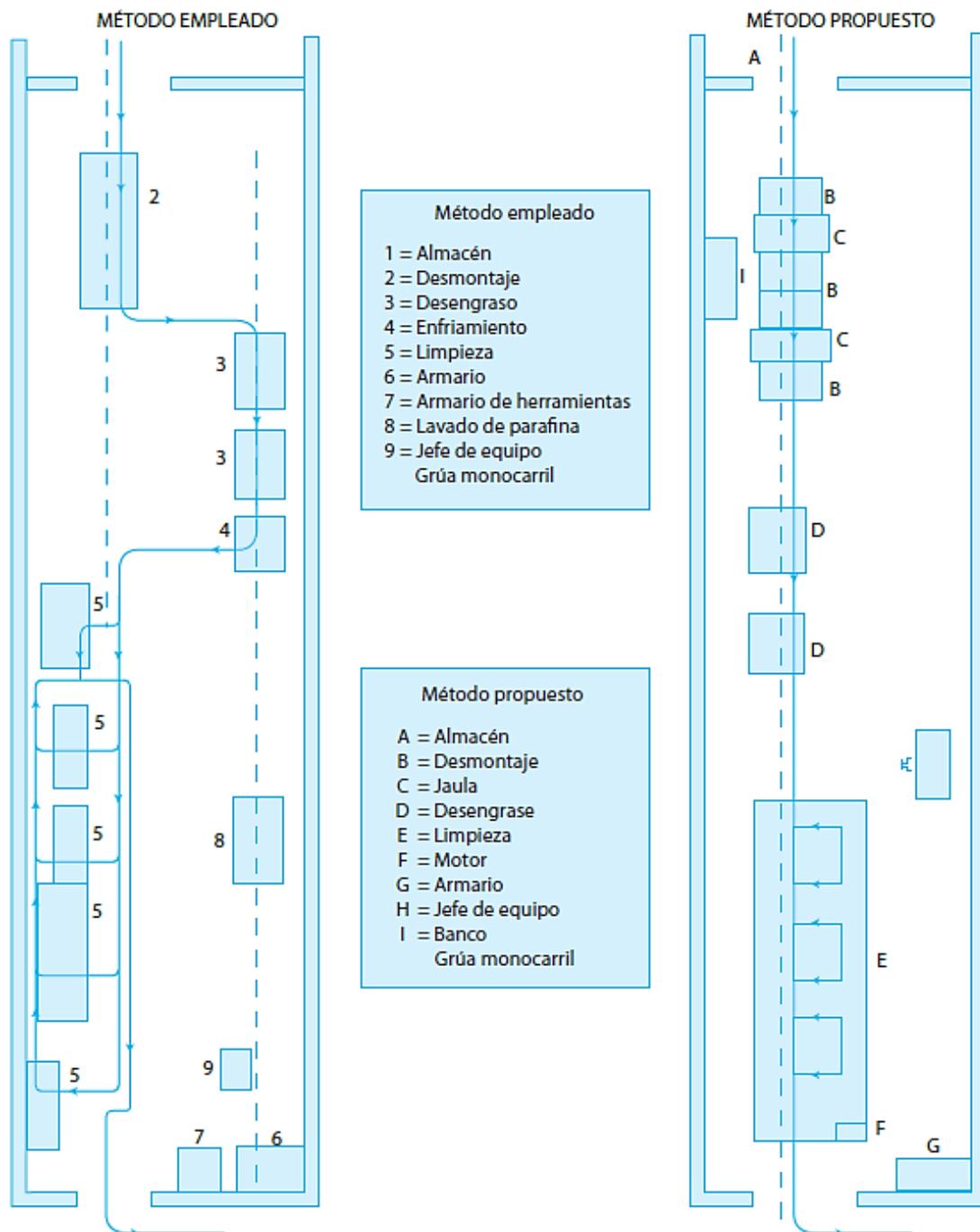


Figura 3.4. Ejemplo de diagrama de recorrido [17]

3.2.7. Ingeniería de métodos

La aplicación de la ingeniería de métodos hace referencia a una técnica propuesta para aumentar los niveles de producción por unidad de tiempo o por unidad de producción, es decir, mejorar la productividad y para ello existen es necesario la utilización de recursos tecnológicos e innovación constante debido principalmente a que en la ingeniería de métodos las mejoras dentro de la productividad son interminables.

De modo habitual, la ingeniería de métodos sigue objetivos de gran importancia como:

- Aumentar la productividad.
- Reducir o eliminar desperdicios y costos.
- Incrementar la producción.
- Mejorar el ambiente laboral.
- Acatar las normas.

3.2.8. Estudio del trabajo

El estudio del trabajo es una revisión sistemática de los métodos de realización de actividades para mejorar el uso eficaz de los recursos y establecer estándares de desempeño para las actividades en curso. [14]

Entre las principales ventajas del estudio del trabajo destaca que ayuda a reducir costos y tiempos empleados en realizar distintas actividades, y para tener claro cómo brinda esta ayuda, es necesario conocer el tiempo total de un trabajo y como está constituido. A continuación, se muestra en la Figura 3.5.

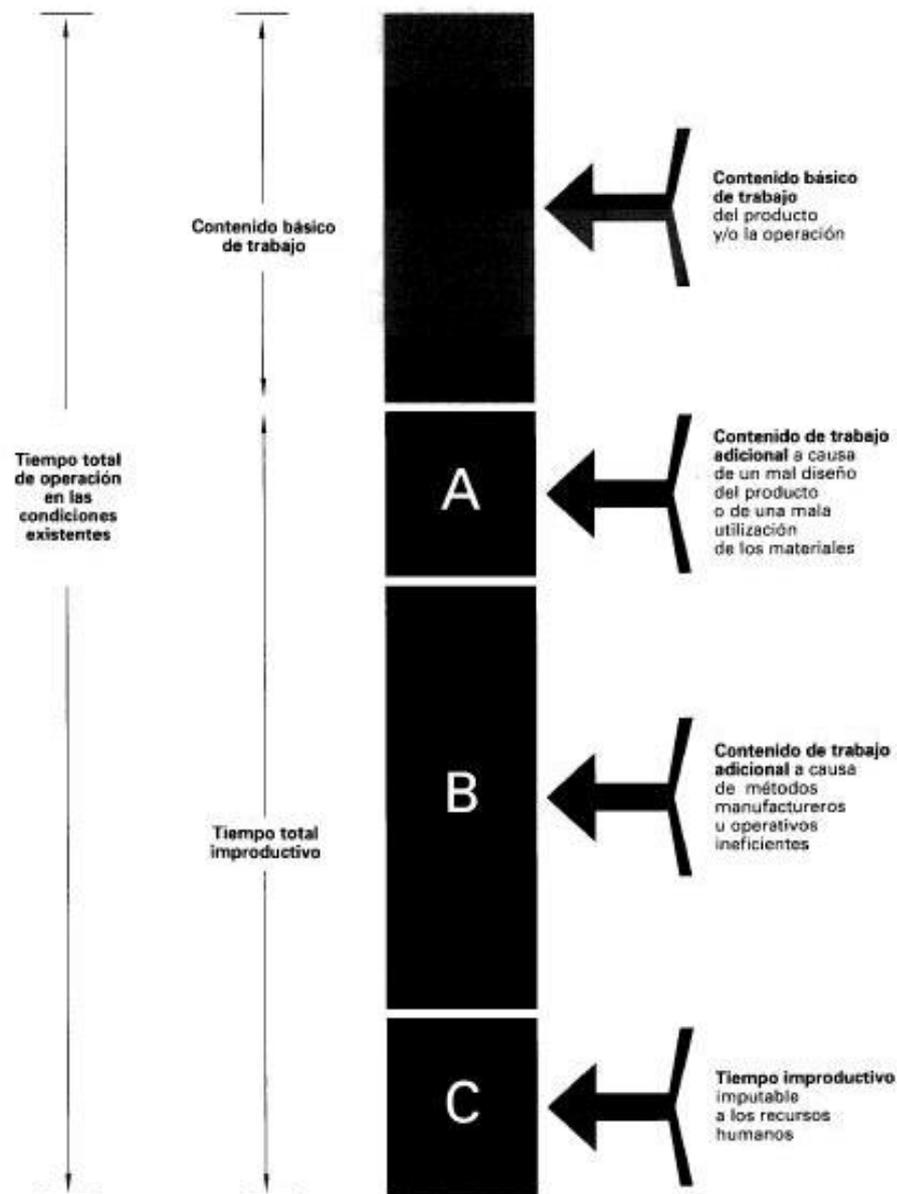


Figura 3.5. Cómo se descompone el tiempo de trabajo [14].

El contenido básico de trabajo, mide las horas hombre u horas máquina empleadas para la elaboración de un producto.

A. El contenido de trabajo adicional a causa de un mal diseño, abarca los tiempos innecesarios debido al diseño del producto, esto debido a diversos factores como:

- La deficiencia y cambios frecuentes en su diseño
- Desechos de materiales.
- Normas incorrectas de calidad.

B. Contenido de trabajo adicional a causa de métodos ineficientes, contiene los tiempos improductivos y movimientos innecesarios al aplicar de manera deficiente un método de trabajo, pueden ocasionarse por:

- Mala disposición y utilización del espacio.
- Inadecuada manipulación de los materiales.
- Interrupciones frecuentes al pasar de la producción de un producto a la de otro.
- Método de trabajo ineficaz.
- Mala planificación de las existencias.
- Averías frecuentes de las máquinas y el equipo.

C. Tiempo improductivo imputable a los recursos humanos, este tiempo se puede producir debido a los empleados que, de una u otra manera, sea voluntaria o involuntariamente influyen en el proceso por diferentes causas como:

- Absentismo y falta de puntualidad.
- Mala ejecución del trabajo.
- Riesgo de accidentes y lesiones profesionales.

3.2.9. Estudio de tiempos

Los estudios de tiempos y movimientos se remontan desde hace varios años, más o menos por los años 80s, donde indica que la primera persona que midió el trabajo con la ayuda de un cronómetro fue Frederick W. Taylor, y a medida que pasaron los años, en la década de los 90s, los esposos Frank y Lillian Gilbreth contribuyeron en el estudio de métodos con lo que hoy se conoce como estudio de movimientos, siendo entonces considerados como los inventores del estudio mencionado.

Federick W. Taylor (1856-1915), nacido en Filadelfia, Pensilvania, más conocido como el padre de la administración científica y de la ingeniería industrial, tuvo sus inicios dentro de una familia prudente, aprobando los exámenes de admisión de la Universidad de Harvard con honores, pero debido a problemas de la vista no pudo ingresar. Sin embargo, obtuvo su licenciatura en ciencias en ingeniería mecánica del Instituto Stevens en 1883 y con el transcurso de los años expuso sus logros mediante sus cuatro principios de administración científica:

1. Desarrollar una ciencia para cada elemento del trabajo de una persona, remplazando los métodos empíricos.

2. Seleccionar al mejor trabajador establecido para las diferentes tareas y capacitarlo para el método a aplicar.
3. Fomentar la cooperación entre empleado y empleador.
4. Dividir el trabajo en partes, de manera que cada uno realice lo que mejor sabe hacer.

Gracias al aporte de Taylor conocido como el fundador del estudio de tiempos, se debe las siguientes innovaciones:

- Estudio de tiempos con cronómetro.
- Herramientas de acero de alta velocidad.
- Afiladores de herramientas.
- Reglas de cálculo.
- Organizaciones de tipo funcional [15].

Mientras tanto, los esposos Frank (1868-1924) y Lillian (1878-1972) Gilbreth, conocidos como los padres del estudio de movimientos, puesto que contribuyeron significativamente con técnicas nuevas para el estudio del trabajo. Frank giró su interés hacia los movimientos en sus inicios, cuando fue aprendiz de albañil, ahí estableció su propio negocio de construcción con ventajas competitivas con la ayuda de su investigación. Por su parte, Lillian, una psicóloga que mostraba interés hacia la gente que lo rodea impidió que Frank deshumanizara el trabajo y lo concientizó de lo valioso que llega a ser el elemento humano.

De esta manera, el éxito de Frank y Lillian se reflejó en el desarrollo de técnicas de estudios de métodos como el ciclógrafo, que muestra mediante la luz la trayectoria de las manos durante un ciclo en el proceso de producción. Sus amplios conocimientos y facilidad para analizar los movimientos de trabajo los llevaron a determinar que se puede sustituir por otros más cortos, a tal punto de eliminar por completo todos aquellos movimientos que resulten inútiles en el proceso de producción, lo que se le conoce como simplificación del trabajo. Todos los estudios sobre movimientos realizado por los Gilbreth en las plantas industriales eran mostrados en diagramas de flujo y de proceso, donde se podía observar la secuencia y relaciones que ocurren en las diferentes áreas de trabajo.

3.2.9.1. Equipo para el estudio de tiempos

Según Niebel, como equipo mínimo requerido para completar con éxito el plan de estudio de tiempos incluye un cronómetro, un tablero para el estudio de tiempos, un formulario y una

calculadora de bolsillo. El equipo de video también es muy útil. [11]

Cronómetro: Este instrumento es sumamente importante dentro del estudio de tiempos, los cronómetros se dividen en electrónicos y mecánicos, que a su vez se subdividen según su uso, como se muestra en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Tipos de cronómetro [14].

Cronómetro			
Electrónico		Mecánico	
Solo	Integrado en un dispositivo de registro	Continuo	Con regresión a cero

Para el cronómetro mecánico, se consideran dos métodos. El método de regreso a cero, que, realiza el cronometraje de cada actividad reiniciándolo a cero, entre sus desventajas predomina que no se registra los retrasos, elementos extraños y traspuestos que se puedan originar en la toma de tiempos. Por otra parte, el método continuo, propone un registro completo de todo lo observado durante el estudio, no obstante, requiere un mayor trabajo, ya que se necesita establecer puntos de quiebre para cálculos posteriores.

Tablero de estudio de tiempos: Elemento de diferente material (madera, plástico, metal) utilizado para apoyo de los formularios de registro de tiempos tomados en el proceso productivo.

De acuerdo a la necesidad, en el mercado se pueden encontrar tableros con cronómetro, optimizando el uso de los recursos en un solo elemento.

En caso de disponer de recursos tecnológicos (IPad, Tabletas) con aplicaciones para el registro de datos, se omitirá el uso de tableros.

Equipo de videograbación: Permite grabar los detalles de la acción a registrar, es un elemento muy necesario, debido a que en el estudio de tiempos, se describe la operación sometida a estudio, por lo tanto, el utilizar herramientas que nos permitan registrar el procedimiento mediante una grabación de video, contribuye al análisis detallado del estudio realizado en campo, afirmando o aportando a la determinación de detalles imperceptibles al momento del estudio, generando información confiable para la obtención de resultados efectivos.

Calculadora: Herramienta que permite realizar cálculos de manera rápida, exacta y efectiva.

Formularios: Registro físico para el registro de la información, adaptados acorde a la necesidad

del evaluador y de los datos requeridos para el estudio

3.2.9.2. Procedimiento para realizar el estudio de tiempos y formulario

Seleccionar el trabajo a estudiar

Se debe elegir el área o las áreas de trabajo donde se va a realizar el estudio de tiempos.

Seleccionar al trabajador

El analista debe elegir a dos o tres empleados, para ello se debe tomar en cuenta que el personal elegido debe tener antigüedad en el área de trabajo establecida y que se encuentre capacitado.

Recabar información sobre el trabajo

Se debe conocer las actividades que se realizan en ese puesto de trabajo, para conseguir eso, los diagramas previamente realizados serán de mucha utilidad.

Efectuar el estudio de tiempos

Una vez que se cuente con todas las herramientas y la información necesaria se puede empezar a realizar el estudio con un cierto número de observaciones. El realizar el estudio incluye la identificación del tiempo promedio, la valoración del ritmo de trabajo, tiempo básico, tiempo total, los tiempos por suplementos y el tiempo estándar.

3.2.9.3. Tamaño de muestra

Es importante decidir el tamaño de muestra o el número de observaciones que se van a realizar para tener un nivel de confiabilidad y un margen de error predeterminados que nos ayude a obtener resultados precisos.

El método estadístico establece que hay que efectuar cierto número de observaciones preliminares (n') y luego aplicar la ecuación (3.2) para un nivel de confianza de 95 % con un margen de error de $\pm 5\%$ [14].

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad (3.2)$$

Donde:

n = Tamaño de muestra o número de observaciones.

n' = Número de observaciones del estudio preliminar.

\sum = Sumatoria de valores.

x = Valor de las observaciones preliminares.

40 = Constante para un nivel de confianza de 95%.

3.2.9.4. Valoración del ritmo del trabajo

Para valorar el ritmo de trabajo se basa en la escala establecida por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), y que se presenta en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Escalas de valoración del ritmo del trabajo [14].

Escala	Descripción
0	Actividad nula
50	Muy lento, movimientos torpes, inseguro, parece dormido, sin interés de trabajo.
75	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido. Parece lento pero no pierde tiempo.
100	Activo, capaz, como de operario calificado medio, logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado.
125	Muy rápido, el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima del anterior.
150	Excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzo intenso, sin probabilidad de durar por varios períodos.

3.2.9.5. Tiempo Básico

Es el tiempo que ocupa un trabajador en realizar una actividad a un determinado ritmo observado por el analista con relación al ritmo tipo como se puede visualizar en la ecuación (3.3).

$$TB = \frac{TP * V}{Vt} \quad (3.3)$$

Donde:

TB = Tiempo básico.

TP = Tiempo promedio observado.

V = Valoración del ritmo observado.

Vt = Valoración del ritmo tipo.

3.2.9.6. Suplementos

En el estudio de métodos y en este caso de tiempos específicamente, al ejecutarlo, es necesario que la energía con la que el trabajador realiza una acción debe reducirse al mínimo. Sin embargo, una tarea realizada por el personal siempre va a generar un esfuerzo humano y por lo mismo hay que tomar en cuenta tiempos de suplemento para que el empleado se ocupe de sus

necesidades personales y ciertos factores que se omitió en el tiempo básico, sean estos relacionados con el individuo, con la naturaleza del trabajo o con el medio ambiente.

Cálculo de suplementos

Para el cálculo de suplementos existen varios factores que se muestran en la Figura 3.6, donde se puede observar que los suplementos por descanso son los únicos que se incluyen en el tiempo básico, los demás suplementos solamente se aplican bajo ciertas condiciones [14].

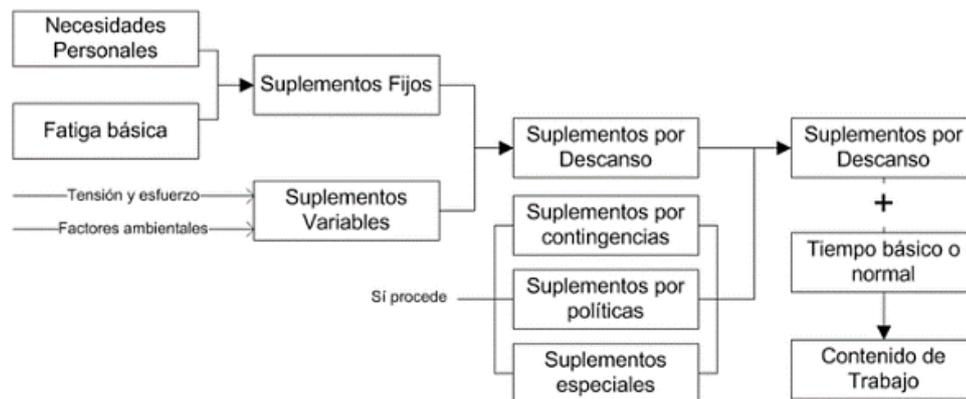


Figura 3.6. Tipos de suplementos [14].

Suplementos por Descanso

Estos suplementos se calculan con el objetivo de permitir al trabajador reponerse de la fatiga o cansancio físico. Dentro de los mismos, se puede identificar los suplementos fijos y los variables, los primeros a su vez se subdividen por necesidades personales como ir al baño, beber agua etc. Y también por fatiga básica que compensa la energía que consumió el realizar una tarea en específico.

Los suplementos variables serán considerados cuando las condiciones de trabajo varíen considerablemente [14].

Los porcentajes de cada suplemento acorde al género del trabajador y poder realizar los cálculos se presentan en la Figura 3.7.

VALORACIÓN DE SUPLEMENTOS		OIT: Ejemplo sin valor normativo	
SUPLEMENTOS CONSTANTES			
	H	M	
A. Suplementos por necesidades personales	5	7	
B. Suplemento base por fatiga	4	4	
2. SUPLEMENTOS VARIABLES			
	H	M	H M
A. Suplementos por trabajar de pie	2	4	
B. Suplemento por postura anormal			
Ligeramente incómoda	0	1	
Incómoda (inclinado)	2	3	
Muy incómoda (acostado, estirado)	7	7	
C. uso de fuerza/Energía muscular (Levantar, tirar, empujar [Kg])			
2,5	0	1	
5	1	2	
7,5	2	3	
10	3	4	
12,5	4	6	
15	5	8	
17,5	7	10	
20	9	13	
22,5	11	16	
25	13	20max	
30	17	-	
33,5	22	-	
D. Mala iluminación			
Ligeramente por debajo de la potencia	0	0	
Bastante por debajo	2	2	
Absolutamente por debajo	5	5	
E. Condiciones atmosféricas Índice de enfriamiento de Kata			
16			0 0
8			10 10
4			45 45
2			100 100
F. Concentración intensa			
Trabajos de cierta precisión			0 0
Trabajos precisos o fatigosos			2 2
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos			5 5
G. Ruido			
Continuo			0 0
Intermitente y fuerte			2 2
Intermitente y muy fuerte			5 5
H. Tensión mental			
Proceso bastante complejo			1 1
Atención dividida, muchos objetos			4 4
Muy complejo			8 8
I. Monotonía			
Trabajo algo monótono			0 0
Trabajo bastante monótono			1 1
Trabajo muy monótono			4 4
J. Tedio			
Trabajo algo aburrido			0 0
Trabajo bastante aburrido			2 1
Trabajo muy aburrido			5 2

Figura 3.7. Valoración de suplementos [14]

3.2.9.7. Tiempo Improductivo

Pese a que es considerado parte del tiempo estándar, el tiempo improductivo es trascendental el separarlo debido a que se puede originar debido a factores como el método usado, el diseño y las características que requiere el cliente en el producto final.

3.2.9.8. Tiempo Estándar

El tiempo estándar se puede definir como el tiempo que le lleva a un trabajador en realizar una cierta actividad en diferentes condiciones. Su cálculo se efectúa mediante la ecuación (3.4).

$$\text{Tiempo estándar} = \text{Tiempo básico} + \text{Tiempo suplementos} + \text{Tiempo improduct.} \quad (3.4)$$

3.2.9.9. Capacidad

Es el acto de almacenar, recibir o dar cabida a algo, específicamente, en la industria se la puede definir como la cantidad de producción que un sistema es capaz de generar en un tiempo determinado. La capacidad se puede planear a largo, mediano y corto plazo según las actividades de las distintas empresas, el tipo de producto que ofrece o acorde a sus recursos. Así, la fórmula empleada para calcular la capacidad se presenta en (3.5):

$$CP = \frac{1}{TS} \quad (3.5)$$

Donde:

CP= Capacidad de producción.

TS = Tiempo estándar.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Tipo de Investigación

Descriptiva

Tras la recopilación y análisis de información cuantificable, específicamente de tiempos permite describir detalladamente los diferentes procesos inmersos en la fabricación de postes y de esta manera contemplar la optimización de recursos para mejorar la productividad.

4.2. Método

Se ha utilizado el método inductivo puesto que se parte de evidencias o registros de información del proceso y de los tiempos cronometrados en campo por el investigador para validar la información partiendo de indicios particulares con la finalidad de llegar a generar conclusiones generales sobre el tema.

4.3. Materiales

- Tablero para formulario.
- Formulario.
- Cronómetro.
- Laptop.
- Microsoft Office.
- AutoCAD.
- Calculadora.
- Esferos.
- Impresora.
- Hojas.

4.4. Técnicas e instrumentos

- Observación.
- Investigación bibliográfica.
- Estudio experimental.

Para la identificación del proceso, el número de trabajadores y cada una de las actividades realizadas por los mismos, se utilizará el método de diagrama de flujo, cursograma analítico y recorrido actual de la empresa.

Diagrama de Flujo

Se realizará un diagrama de flujo del proceso en general en donde se pueda visualizar las diferentes áreas, las actividades que se ejecutan y el o las posibles áreas que presentan mayores problemas, ocasionar tiempos perdidos y por lo mismo demoras en el proceso. Para ello, se empleará la simbología presentada en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Simbología de la norma ASME para elaborar un diagrama de flujo [17].

Simple		Combinados	
Símbolo	Representa	Significado	Combinados
	Operación.		Origen de una forma o documento.
	Inspección.		Decisión o autorización de un documento.
	Punto de decisión		
	Desplazamiento o transporte.		Entrevistas.
	Depósito provisional o espera.		Destrucción de documento.
	Almacenamiento permanente.		

Cursograma Analítico

Una vez identificada el o las áreas que presentan problemas significativos y que pueden ser sometidas a estudio se procede a realizar el cursograma analítico que será de mucha utilidad para determinar de manera más detallada las actividades que se realizan en las diferentes áreas y que servirá para más adelante realizar el estudio de tiempos. Este diagrama se basa en tres variables: el operario, el material y el equipo; y requiere la ayuda de la simbología que se presenta en la Tabla 4.1. Adicional, se presenta un ejemplo en la Figura 3.3.

Diagrama de recorrido

El diagrama propuesto se empleará con un layout de la planta realizado en programas de diseño como AutoCAD, donde muestre la distribución de las diferentes áreas y el recorrido completo que se realiza hasta obtener el producto final. Un claro ejemplo del diagrama presente se puede observar en la Figura 3.4.

Estudio de tiempos

El estudio de tiempos se lo realizará con el método de cronómetro con regresión a cero, se utiliza este tipo debido a que el registro de todo el tiempo de manera ininterrumpida no es posible a causa de la secuencia, ya que todas las actividades realizadas en ciertas ocasiones cambian el orden, es por eso que se cronometrará cada actividad partiendo desde cero y al final se apunta el tiempo cronometrado (TC) que es igual el tiempo observado (TO) como se observa en la ecuación (4.1). El registro de tiempos se efectuará con el formato propuesto en el Anexo A.

$$TO = TC \quad (4.1)$$

Donde:

TO = Tiempo observado.

TC = Tiempo cronometrado.

Cálculo de Suplementos

Los suplementos se tomarán en cuenta únicamente aquellos que son por descanso, los mismos se calcularán por procesos, mediante la Tabla 4.2, dando una calificación según la tabla de valoración de suplementos propuesta por la OIT con la finalidad de obtener un suplemento para cada actividad ejecutada de acuerdo a las diferentes áreas que fueron determinadas previamente mediante los diagramas realizados, obteniendo el suplemento total en porcentaje del tiempo básico.

Tabla 4.2. Formato para cálculo de suplementos.

SUPLEMENTOS POR DESCANSO (% TB)									
PROCESO / ÍTEMS	Sexo Trabajador	SUPLEMENTOS CONSTANTES		SUPLEMENTOS VARIABLES					SUPLEMENTO TOTAL
		Por necesidades personales	Por fatiga	Por trabajar de pie	Por postura anormal	Uso de fuerza	Concentración	Ruido	
ACTIVIDAD A									
ACTIVIDAD B									
ACTIVIDAD C									
ACTIVIDAD D									

Tamaño de muestra

Es necesario calcular el tamaño de muestra para identificar el número exacto de observaciones a estudiar para tener resultados más precisos y con un margen de error aceptable. Para esto, es necesario tener un número de observaciones previas con las que se pueda emplear la fórmula propuesta en la ecuación (4.2)

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad (4.2)$$

Donde:

n = Tamaño de muestra o número de observaciones.

n' = Número de observaciones del estudio preliminar.

\sum = Sumatoria de valores.

x = Valor de las observaciones preliminares.

40 = Constante para una confiabilidad de un 95%.

Valoración de ritmo

La valoración de ritmo del trabajo es necesario establecerla para calcular el tiempo básico. Se dará una valoración basada en la escala de valoración del ritmo de trabajo propuesto por la OIT en la Tabla 3.3.

Tiempo Básico

Para calcular el tiempo básico o normal será necesario principalmente conocer el tiempo promedio observado (TP), esto mediante la media aritmética de los mismos. Además, la valoración de ritmo debe estar asignada para efectuar la ecuación (4.3)

$$TB = \frac{TP * V}{Vt} \quad (4.3)$$

Donde:

TB = Tiempo básico.

TP = Tiempo promedio observado.

V = Valoración del ritmo observado.

Vt = Valoración del ritmo tipo.

Para el estudio de tiempos el suplemento en minutos se obtiene mediante la ecuación (4.4)

$$S(s) = ST * TB \quad (4.4)$$

Donde:

S(s) = Suplemento expresado en segundos.

ST = Suplemento total expresado en porcentaje.

TB = Tiempo básico.

Tiempo estándar

Para el cálculo del tiempo estándar (TS), se efectúa primero por actividad en cada proceso o área mediante la ecuación (4.5)

$$\text{Tiempo estándar} = \text{Tiempo básico} + \text{Tiempo suplem.} + \text{Tiempo improduc.} \quad (4.5)$$

Se obtiene un TS total mediante una suma de los tiempos estándares de las distintas actividades que influyen de manera directa en el proceso de producción de un producto.

Cálculo de capacidad

La capacidad de producción (CP), que nos muestra la cantidad que se puede producir en un tiempo determinado, se calcula con la ayuda del TS obtenido anteriormente, y con la ayuda de la ecuación (4.6).

$$CP = \frac{1}{TS} \quad (4.6)$$

Donde:

CP= Capacidad de producción.

TS = Tiempo estándar.

Plan de mejoramiento

Es necesario desarrollar un plan de mejoramiento basado en el estudio actual de tiempos realizado previamente, así determinando alternativas de mejoras que me permitan reducir el tiempo de producción. Con la capacidad de producción determinada, el analista puede tomar decisiones y proponer nuevos métodos que ayude a la optimización del proceso, mejora de la capacidad y de la productividad en sí.

Para culminar, se efectuará una tabla comparativa de la situación actual vs la situación propuesta, tomando en cuenta las áreas de análisis, el número de obreros, número de actividades, distancias, tiempo estándar y la capacidad de producción que permita identificar las diferencias ante las propuestas de mejora.

Para la comprobación de la hipótesis se determinará la capacidad de producción mensual actual y la propuesta, el incremento de la productividad expresado en porcentaje, una tabla de pronósticos de unidades producidas (postes) y de ventas mediante el método de promedio móvil simple para la situación actual de la empresa y la situación propuesta. Así realizando una comparación de pronósticos mediante un ejemplo puntual y finalmente evaluando los diferentes impactos que genera el incremento de la productividad en la empresa.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La empresa DISPOSTES CIA. LTDA. Dedicada a la fabricación de postes de hormigón armado, presenta posibles problemas que se pretenden solucionar mediante alternativas para optimizar su proceso. Para ello, el primer paso es identificar todas las áreas que están inmersas en el proceso productivo, teniendo así las siguientes:

- Materia Prima.
- Arandelas.
- Estribos.
- Estructura.
- Molde.
- Preparación.
- Hormigón armado.
- Vapor.
- Producto Terminado.

5.1. Diagrama de flujo actual

Para entender el proceso general de la fabricación de postes de hormigón armado, con la información levantada se realiza un diagrama de flujo que se presenta a continuación en la Figura 5.1.

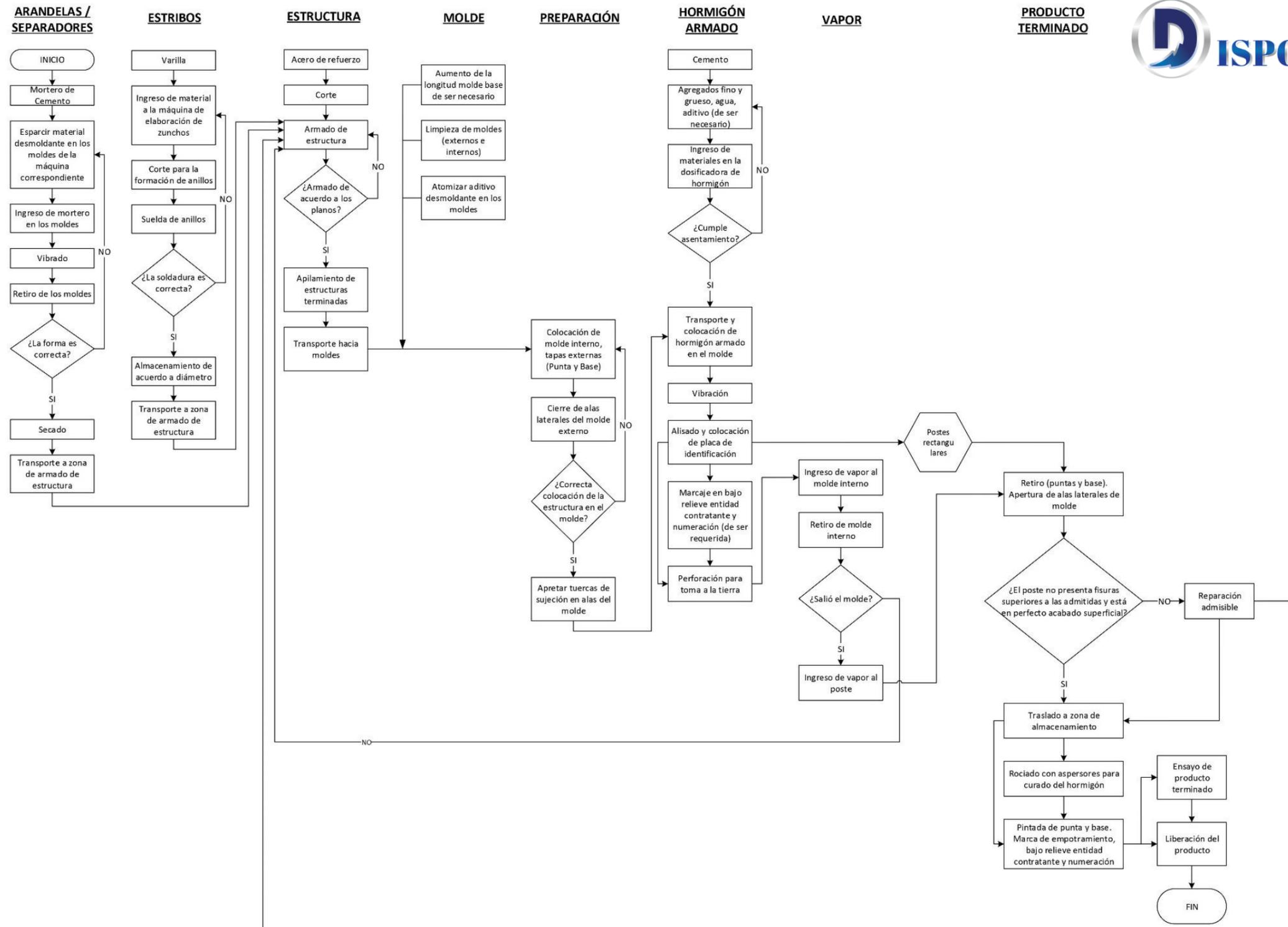


Figura 5.1. Diagrama de flujo actual de DISPOSTESIA, LTDA

5.2. Diagrama de recorrido actual

La fabricación de postes conlleva una secuencia lógica que se presenta en un diagrama de recorrido, teniendo la descripción del mismo en la Tabla 5.1 conjuntamente con la Figura 5.2 que se presentan a continuación.

Tabla 5.1. Descripción del diagrama de recorrido actual de DISPOSTES CIA. LTDA.

DESCRIPCIÓN DEL RECORRIDO	
1 – 2	Los áridos son transportado a la dosificadora con la ayuda de un telehandler.
1 – B	Transporte de árido fino para realizar arandelas.
B – C	Transporte de arandelas hacia el área de estructura para su posterior armado.
2 – 3A – 3B	El hormigón saliente de la dosificadora es transportado a las áreas de producción mediante una carretilla.
A – C	Los estribos realizados son transportados al área de estructura para el armado.
C – 3A – 3B	Teniendo la estructura armada, se transporta hacia las áreas de producción.
4 – 3	Se añade vapor en las diferentes áreas de producción mediante una tubería incorporada en el piso.
3A – 3B - 5	Los postes terminados son llevados al área de fraguado mediante el telehandler.
5 – 6	Una vez listos los postes son trasladados al área de pruebas ¹ para hacer un control de calidad.
6 - 7	Si los postes pasan las pruebas de control de calidad son trasladados al área de almacenamiento para su despacho caso contrario son rechazados y depositados en el área de producto no conforme.

¹ Las pruebas se realizan únicamente a través de fiscalización y el cliente bajo la normativa INEN.

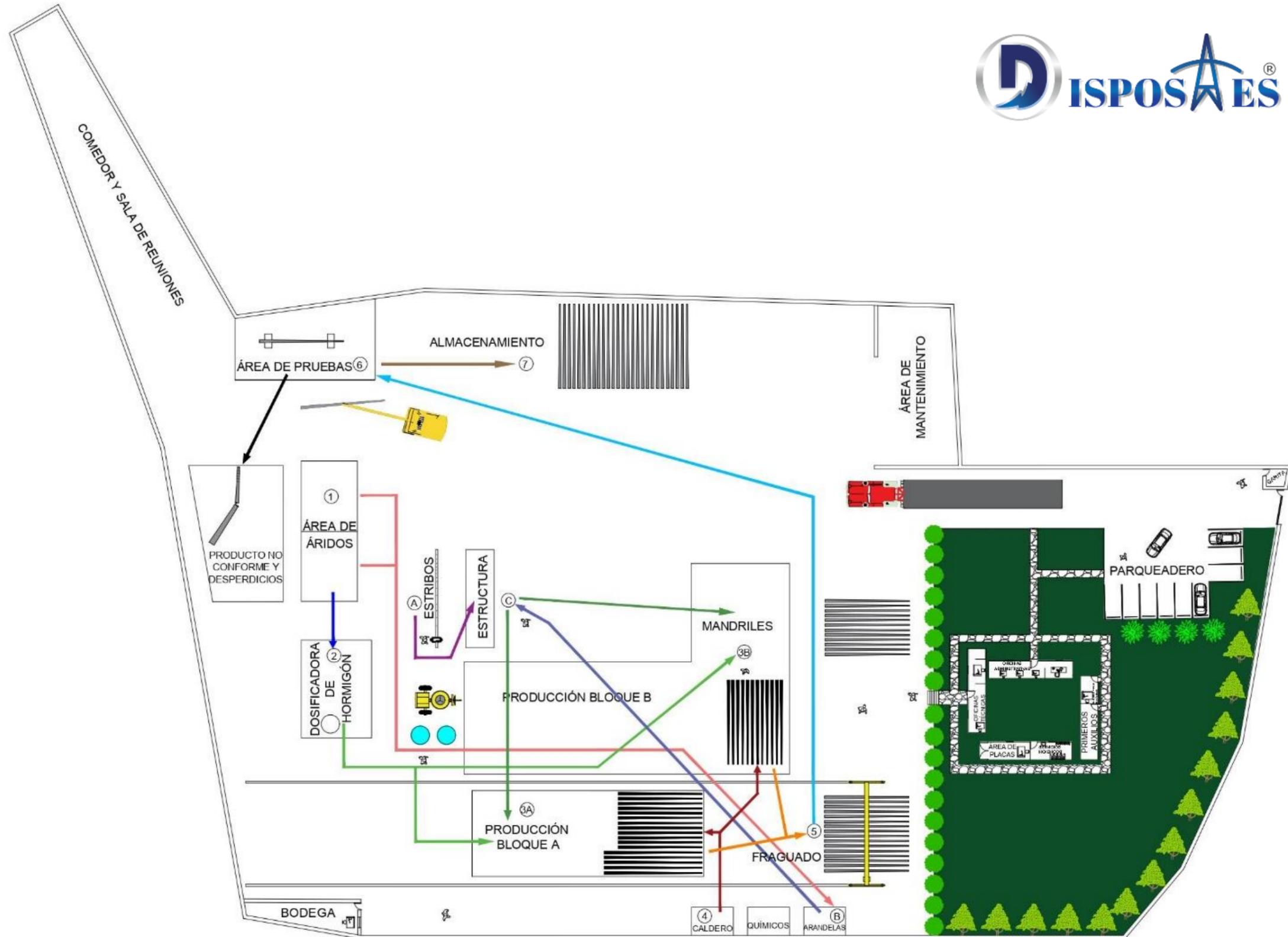


Figura 5.2. Diagrama de recorrido actual DISPOSTESCIA LTDA.

5.3. Cursogramas analíticos actuales

Ante el problema presentado de la pérdida de tiempos, se elaboró cursogramas analíticos de las áreas más relevantes que pueden ayudar a optimizar el proceso. Las fotografías de todas las áreas sometidas a estudio se muestran en el anexo F.

5.3.1. Dosificadora.

Al ser una maquinaria nueva y no contar con un estudio previo, es necesario determinar el funcionamiento de la misma, teniendo el cursograma que se presenta en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2. Cursograma analítico actual de la dosificadora de hormigón.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO										
Hoja N° 01 De: 01 Diagrama N°: 01		Operar. <input checked="" type="checkbox"/> Mater. <input type="checkbox"/> Maqui. <input type="checkbox"/>								
Proceso: Dosificadora de hormigón		RESUMEN								
Fecha: 13/05/2021		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.				
El estudio Inicia: Ingresar a cabina de control			Operación	11		0%				
Método: Actual: <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto: <input type="checkbox"/>			Transporte	1		0%				
Producto: Poste de hormigón armado			Inspección	2		0%				
Nombre del operario: René Condorcana			Espera	2		0%				
Elaborado por: Jhonatan Cayo			Almacenaje	0		0%				
		Total de Actividades realizadas		16		0%				
		Distancia total en metros		5		0%				
		Tiempo min/hombre		5		0%				
N°	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS					
										
1	Ingresar a cabina de control		5,0	15,21						
2	Inspeccionar tablero de control			28,62						
3	Prender tablero de control y dosificadora			2,35						
4	Prender compresor			2,81						
5	Medir balance de materia prima			4,72						
6	Pulsar para nivelar árido grueso			25,64						
7	Pulsar para nivelar árido fino			31,85						
8	Pulsar para nivelar el cemento			15,59						
9	Pulsar para nivelar el agua			39,54						
10	Pulsar para nivelar el aditivo			8,97						
11	Pulsar para subir áridos con banda transportadora para mezcla			49,37						
12	Pulsar para mezclar			1,20						
13	Esperar que mezcle			37,39						
14	Pulsar para abrir compuerta de mezcladora			1,13						
15	Esperar que material se deposite en el chimbuzo			15,34						
16	Pulsar para cerrar compuerta de mezcladora			1,59						
Tiempo Minutos: 4,69		m	5,00	281,3	s					

Observaciones: Nueva adquisición por parte de la empresa, la cual efectivamente produce el hormigón armado disminuyendo la mano de obra, sin embargo, no se optimizó el proceso debido a que los procesos que van de la mano siguen iguales.

5.3.2. Armado de Moldes.

El armado de moldes se lo realiza a la par con los demás procesos pues 4 operadores y las actividades realizadas en esta área se detalla en el cursograma presentado en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3. Cursograma analítico actual del armado de moldes.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO										
Hoja N° 01 De: 01 Diagrama N°: 02		Operar.	<input checked="" type="checkbox"/>	Mater.	<input type="checkbox"/>	Maqui.	<input type="checkbox"/>			
Proceso: Armado de moldes		RESUMEN								
Fecha: 13/05/2021		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.				
El estudio Inicia: Limpieza de molde			Operación	11		0%				
Método: Actual: <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto: _____			Transporte	2		0%				
Producto: Poste de hormigón armado			Inspección	0		0%				
Número de operarios: 4 Operadores			Espera	0		0%				
Elaborado por: Jhonatan Cayo			Almacenaje	0		0%				
		Total de Actividades realizadas		13		0%				
		Distancia total en metros		41		0%				
		Tiempo min/hombre		8,09		0%				
N°	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS					
										
1	Limpiar el molde con una escoba			24,15	●					
2	Pasar desmoldante en el molde			27,15	●					
3	Transportar la estructura del poste		35,0	30,13		●				
4	Colocar la estructura sobre el molde			14,47	●					
5	Cerrar la primera aleta del molde			5,40	●					
6	Transportar el molde interno o mandril		6,0	12,93		●				
7	Colocar molde interno dentro de la estructura			55,60	●					
8	Colocar pernos de la primera aleta			58,49	●					
9	Cerrar la segunda aleta del molde			8,13	●					
10	Colocar pernos de la segunda aleta			71,38	●					
11	Colocar los seguros para presionar las dos aletas			60,44	●					
12	Poner las tapas superior del molde			43,16	●					
13	Ajustar los pernos con una pistola			73,90	●					
Tiempo Minutos: 8,09		m	41,0	485,3 s						

5.3.3. Transporte de Hormigón.

Teniendo el hormigón proporcionado por la dosificadora, el transporte se lo realiza de manera manual con carretillas y 4 operadores, el cursograma siguiente presenta el proceso mediante la Tabla 5.4.

Tabla 5.4. Cursograma analítico actual del transporte de hormigón.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO										
Hoja N° 01 De: 01 Diagrama N°: 03		Operar.	<input checked="" type="checkbox"/>	Mater.	<input type="checkbox"/>	Maqui.	<input type="checkbox"/>			
Proceso: Transporte de hormigón		RESUMEN								
Fecha: 13/05/2021		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.				
El estudio Inicia: Colocar de carretilla			Operación	7		0%				
Método: Actual: <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto: _____			Transporte	2		0%				
Producto: Poste de hormigón armado			Inspección	0		0%				
Número de operarios: 4 operadores			Espera	1		0%				
Elaborado por: Jhonatan Cayo			Almacenaje	0		0%				
		Total de Actividades realizadas		10		0%				
		Distancia total en metros		30		0%				
		Tiempo min/hombre		2		0%				
N°	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS					
										
1	Colocar carretilla bajo el chimbuzo			2,18	●					
2	Abrir compuerta de chimbuzo			2,43	●					
3	Conectar el motor del chimbuzo			2,04	●					
4	Esperar que la carretilla se llene de hormigón			10,81				●		
5	Desconectar motor del chimbuzo			1,42	●					
6	Cerrar compuerta de chimbuzo			2,01	●					
7	Transportar hormigón hacia moldes		30,0	28,21		●				
8	Colocar con la pala el hormigón en el molde			64,12	●					
9	Limpiar carretilla con la pala			7,48	●					
10	Transportar carretilla hacia chimbuzo			13,15		●				
Tiempo Minutos: 2,23		<u>m</u>	30,0	133,9	<u>s</u>					

Observaciones: El transporte al ser realizado manualmente con ayuda de carretillas representa un esfuerzo físico considerable y una demora considerando la distancia.

5.3.4. Producción del poste.

Finalmente, todas las demoras provocadas en procesos anteriores se ven reflejadas en esta área, pues es ahí donde se realiza el poste como tal. Su proceso se muestra en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5. Cursograma analítico actual de la producción del poste.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO										
Hoja N° 01 De: 01 Diagrama N°: 04		Operar.	<input checked="" type="checkbox"/>	Mater.		Maqui.				
Proceso: Producción de poste		RESUMEN								
Fecha: 13/05/2021		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.				
El estudio Inicia: Extender el hormigón por todo el molde			Operación	17			0%			
Método: Actual: <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto: _____			Transporte	2			0%			
Producto: Poste de hormigón armado			Inspección	5			0%			
Número de operarios: 5 operadores			Espera	0			0%			
Elaborado por: Jhonatan Cayo			Almacenaje	0			0%			
		Total de Actividades realizadas		24			0%			
		Distancia total en metros		6			0%			
		Tiempo min/hombre		10,35			0%			
N°	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS					
										
1	Extender el hormigón por todo el molde con una varilla			40,74	●					
2	Verificar que el hormigón cubra todo el molde			16,91				●		
3	Transportar el vibrador a la primera mesa del molde		2,0	15,24		●				
4	Colocar el vibrador en la primera mesa del molde			2,18	●					
5	Ajustar las cadenas del vibrador contra la mesa			11,16	●					
6	Encender el vibrador			2,19	●					
7	Extender el hormigón			59,19	●					
8	Verificar que el hormigón cubra todo el molde			35,12				●		
9	Apagar el vibrador			1,65	●					
10	Desajustar las cadenas del vibrador			28,62	●					
11	Transportar el vibrador a la segunda mesa del molde		4,0	10,55		●				
12	Colocar el vibrador en la segunda mesa del molde			2,98	●					
13	Ajustar las cadenas del vibrador contra la mesa			32,74	●					
14	Encender el vibrador			2,63	●					
15	Extender el hormigón			39,82	●					
16	Verificar que el hormigón cubra todo el molde			31,59				●		
17	Apagar el vibrador			2,76	●					
18	Desajustar las cadenas del vibrador			10,66	●					
19	Retirar el vibrador			11,38	●					
20	Verificar que todo el hormigón esté bien colocado en el molde			28,19				●		
21	Alisar la abertura por donde se colocó el hormigón			100,41	●					
22	Alisar el espacio para numerar el poste			56,02	●					
23	Revisar alisado			30,16				●		
24	Impregnar los números (con molde) en el alisado			47,90	●					
Tiempo Minutos: 10,35		m	6,0	620,8	s					

Análisis actual: En la empresa se puede observar ciertas actividades que pueden generar tiempos perdidos, mismos que tras un estudio de tiempos se pueden optimizar.

5.4. Estudio de Tiempos Actual

El estudio actual se efectuó de las mismas áreas de las que se elaboraron cursogramas analíticos mediante el método de cronómetro con regresión a cero. Para ello, primero es necesario calcular los suplementos, que en este proyecto se realizó por actividad en las distintas áreas. Seguidamente es necesario calcular el número de muestras para que el estudio tenga un 95 % de confiabilidad. Y finalmente, se presenta el estudio de tiempos que nos permitirá determinar el tiempo estándar. El formato para el registro de tiempos se muestra en el Anexo A.

5.4.1. Dosificadora

Tabla 5.6. Descripción actual de las actividades realizadas en la dosificadora.

DOSIFICADORA DE HORMIGÓN	
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
A	Ingresar a cabina de control
B	Inspeccionar tablero de control
C	Prender tablero de control
D	Prender compresor
E	Medir balance de materia prima
F	Pulsar para nivelar árido grueso
G	Pulsar para nivelar árido fino
H	Pulsar para nivelar el cemento
I	Pulsar para nivelar el agua
J	Pulsar para nivelar el aditivo
K	Pulsar para subir áridos con banda transportadora para mezcla
L	Pulsar para mezclar
M	Esperar que mezcle
N	Pulsar para abrir compuerta de mezcladora
O	Esperar que material se deposite en el chimbuzo
P	Pulsar para cerrar compuerta de mezcladora

Tabla 5.7. Suplementos actuales de la dosificadora basados en la OIT.

SUPLEMENTOS POR DESCANSO										
ACTIVIDAD/ ÍTEMS	Sexo Trabajador	SUPLEMENTOS CONSTANTES		SUPLEMENTOS VARIABLES						SUPLEMENTO TOTAL (% TB)
		Por necesidades personales	Por fatiga	Por trabajar de pie	Por postura anormal	Uso de fuerza	Concentración	Ruido	Monotonía	
A	H	5	4	2	0	0	0	0	0	11%
B	H	5	4	2	0	0	0	0	0	11%
C	H	5	4	2	0	0	0	0	0	11%
D	H	5	4	2	0	0	0	2	0	13%
E	H	5	4	2	0	0	0	0	1	12%
F	H	5	4	2	0	0	2	0	1	14%
G	H	5	4	2	0	0	2	0	1	14%
H	H	5	4	2	0	0	2	0	1	14%
I	H	5	4	2	0	0	2	0	1	14%
J	H	5	4	2	0	0	2	0	1	14%
K	H	5	4	2	0	0	0	0	1	12%
L	H	5	4	2	0	0	0	0	1	12%
M	H	5	4	2	0	0	0	0	1	12%
N	H	5	4	2	0	0	0	0	1	12%
O	H	5	4	2	0	0	0	0	1	12%
P	H	5	4	2	0	0	0	0	1	12%

Para el número de muestras se presentan 5 observaciones preliminares para mediante la ecuación (4.2) determinar n.

Tabla 5.8. Observaciones preliminares presentadas en minutos.

Obs.	X	X²
1	4,69	21,98
2	3,82	14,62
3	4,57	20,91
4	4,63	21,40
5	4,63	21,41
TOT	22,34	100,32

5.4.2. Armado de moldes

Tabla 5.10. Descripción actual de las actividades realizadas en el armado de moldes.

ARMADO DE MOLDES	
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
A	Limpiar el molde con una escoba
B	Pasar desmoldante en el molde
C	Transportar la estructura del poste
D	Colocar la estructura sobre el molde
E	Cerrar la primera aleta del molde
F	Transportar el molde interno o mandril
G	Colocar molde interno dentro de la estructura
H	Colocar pernos de la primera aleta
I	Cerrar la segunda aleta del molde
J	Colocar pernos de la segunda aleta
K	Colocar los seguros para presionar las dos aletas
L	Poner las tapas superior del molde
M	Ajustar los pernos con una pistola

Tabla 5.11. Suplementos actuales del armado de moldes basados en la OIT.

SUPLEMENTOS POR DESCANSO										
ACTIVIDAD/ ÍTEMS	Sexo Trabajador	SUPLEMENTOS CONSTANTES		SUPLEMENTOS VARIABLES						SUPLEMENTO TOTAL (% TB)
		Por necesidades personales	Por fatiga	Por trabajar de pie	Por postura anormal	Uso de fuerza	Concentración	Ruido	Monotonía	
A	H	5	4	2	0	0	0	0	0	11%
B	H	5	4	2	0	0	0	0	0	11%
C	H	5	4	2	0	0	0	0	0	11%
D	H	5	4	2	0	0	0	0	0	11%
E	H	5	4	2	0	5	0	0	0	16%
F	H	5	4	2	0	0	0	0	0	11%
G	H	5	4	2	2	0	0	0	0	13%
H	H	5	4	2	0	0	0	0	2	13%
I	H	5	4	2	0	5	0	0	0	16%
J	H	5	4	2	2	0	0	0	2	15%
K	H	5	4	2	0	0	0	0	0	11%
L	H	5	4	2	0	0	0	0	0	11%
M	H	5	4	2	2	0	0	2	2	17%

5.4.3. Transporte de hormigón

Tabla 5.14. Descripción actual de las actividades realizadas en el transporte de hormigón.

TRANSPORTE DE HORMIGÓN	
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
A	Colocar carretilla bajo el chimbuzo
B	Abrir compuerta de chimbuzo
C	Conectar el motor del chimbuzo
D	Esperar que la carretilla se llene de hormigón
E	Desconectar motor del chimbuzo
F	Cerrar compuerta de chimbuzo
G	Transportar hormigón hacia moldes
H	Colocar con la pala el hormigón en el molde
I	Limpiar carretilla con la pala
J	Transportar carretilla hacia chimbuzo

Tabla 5.15. Suplementos actuales del transporte de hormigón basados en la OIT.

SUPLEMENTOS POR DESCANSO										
ACTIVIDAD/ ÍTEMS	Sexo Trabajador	SUPLEMENTOS CONSTANTES		SUPLEMENTOS VARIABLES						SUPLEMENTO TOTAL (% TB)
		Por necesidades personales	Por fatiga	Por trabajar de pie	Por postura anormal	Uso de fuerza	Concentración	Ruido	Monotonía	
A	H	5	4	2	0	0	0	0	1	12%
B	H	5	4	2	0	0	0	0	1	12%
C	H	5	4	2	0	0	0	2	1	14%
D	H	5	4	2	0	0	0	2	1	14%
E	H	5	4	2	0	0	0	0	1	12%
F	H	5	4	2	0	0	0	0	1	12%
G	H	5	4	2	2	22	2	0	2	39%
H	H	5	4	2	0	1	0	2	1	15%
I	H	5	4	2	0	0	0	0	1	12%
J	H	5	4	2	2	5	0	0	2	20%

Para el número de muestras se presentan 5 observaciones preliminares para mediante la ecuación (4.2) determinar n.

5.4.4. Producción de poste**Tabla 5.18.** Descripción actual de las actividades realizadas en la producción del poste.

PRODUCCIÓN DEL POSTE	
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
A	Extender el hormigón por todo el molde con una varilla
B	Verificar que el hormigón cubra todo el molde
C	Transportar el vibrador a la primera mesa del molde
D	Colocar el vibrador en la primera mesa del molde
E	Ajustar las cadenas del vibrador contra la mesa
F	Encender el vibrador
G	Extender el hormigón
H	Verificar que el hormigón cubra todo el molde
I	Apagar el vibrador
J	Desajustar las cadenas del vibrador
K	Transportar el vibrador a la segunda mesa del molde
L	Colocar el vibrador en la segunda mesa del molde
M	Ajustar las cadenas del vibrador contra la mesa
N	Encender el vibrador
O	Extender el hormigón
P	Verificar que el hormigón cubra todo el molde
Q	Apagar el vibrador
R	Desajustar las cadenas del vibrador
S	Retirar el vibrador
T	Verificar que todo el hormigón esté bien colocado en el molde
U	Alisar la abertura por donde se colocó el hormigón
V	Alisar el espacio para numerar el poste
W	Revisar alisado
X	Impregnar los números (con molde) en el alisado

Tabla 5.19. Suplementos actuales de la producción del poste basados en la OIT.

SUPLEMENTOS POR DESCANSO										
ACTIVIDAD/ ÍTEMS	Sexo Trabajador	SUPLEMENTOS CONSTANTES		SUPLEMENTOS VARIABLES						SUPLEMENTO TOTAL (% TB)
		Por necesidades personales	Por fatiga	Por trabajar de pie	Por postura anormal	Uso de fuerza	Concentración	Ruido	Monotonía	
A	H	5	4	2	2	9	2	2	1	27%
B	H	5	4	2	0	9	2	2	1	25%
C	H	5	4	2	0	9	0	2	1	23%
D	H	5	4	2	0	9	2	2	1	25%
E	H	5	4	2	2	4	2	2	1	22%
F	H	5	4	2	0	0	0	5	1	17%
G	H	5	4	2	0	9	2	2	1	25%
H	H	5	4	2	0	9	2	2	1	25%
I	H	5	4	2	0	0	0	2	1	14%
J	H	5	4	2	2	9	0	2	1	25%
K	H	5	4	2	0	9	2	2	1	25%
L	H	5	4	2	0	9	2	2	1	25%
M	H	5	4	2	2	9	0	2	1	25%
N	H	5	4	2	0	0	0	5	1	17%
O	H	5	4	2	0	9	2	2	1	25%
P	H	5	4	2	0	9	2	2	1	25%
Q	H	5	4	2	0	0	0	2	1	14%
R	H	5	4	2	2	9	0	2	1	25%
S	H	5	4	2	0	9	0	2	1	23%
T	H	5	4	2	0	0	2	2	1	16%
U	H	5	4	2	2	0	2	2	1	18%
V	H	5	4	2	2	0	2	2	1	18%
W	H	5	4	2	0	0	0	2	1	14%
X	H	5	4	2	2	1	2	2	1	19%

Para el número de muestras se presentan 5 observaciones preliminares para mediante la ecuación (4.2) determinar n.

Tabla 5.20. Observaciones preliminares presentadas en minutos.

Obs.	X	X ²
1	10,35	107,12
2	10,65	113,42
3	10,30	106,09
4	9,24	85,38
5	10,42	108,58
TOT	50,96	520,59

$$n = \left(\frac{40\sqrt{5(520,59) - (50,96)^2}}{50,96} \right)^2$$

$n = 3,71 \approx 4$ observaciones.

Con las 4 observaciones obtenidas se procede a realizar el estudio de tiempos, obteniendo un tiempo estándar de 743,83 segundos, es decir 12,40 minutos, tal como se presenta en la Tabla 5.21. El registro de tiempos se muestra en el Anexo E.

Tabla 5.21. Estudio de tiempos actual de la producción del poste.

		ESTUDIO DE TIEMPOS										
Departamento:	Producción						Estudio N°:	1				
Proceso:	Producción de poste						Hoja N°:	1 de 1				
Método:	Actual:	X	Propuesto:				Fecha:	25/05/2021				
Producto:	Poste de hormigón armado						Observado por:	Cayo Jhonatan				
El estudio inicia:	Extender el hormigón con una varilla						Unidad de tiempo:	Segundos (s)				
DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	CICLOS						RESÚMEN					
	1	2	3	4	5	6	TP	V	TB	S(s)	TS	
A	40,74	30,19	23,56	46,82	45,19		37,30	100,00	37,30	10,07	47,37	
B	16,91	19,03	24,86	18,26	20,86		19,98	100,00	19,98	5,00	24,98	
C	15,24	9,10	16,36	10,86	12,23		12,76	100,00	12,76	2,93	15,69	
D	2,18	1,99	2,05	2,99	2,60		2,36	100,00	2,36	0,59	2,95	
E	11,16	24,18	20,34	12,13	22,87		18,14	100,00	18,14	3,99	22,13	
F	2,19	2,10	3,01	2,81	1,97		2,42	100,00	2,42	0,41	2,83	
G	59,19	44,89	50,02	49,90	50,03		50,81	100,00	50,81	12,70	63,51	
H	35,12	36,38	24,89	21,35	40,12		31,57	100,00	31,57	7,89	39,47	
I	1,65	2,18	2,96	1,93	2,50		2,24	100,00	2,24	0,31	2,56	
J	28,62	17,24	24,19	16,74	25,63		22,48	100,00	22,48	5,62	28,11	
K	10,55	8,12	14,35	9,34	13,14		11,10	100,00	11,10	2,78	13,88	
L	2,98	2,05	1,96	3,19	2,59		2,55	100,00	2,55	0,64	3,19	
M	32,74	38,10	24,13	27,39	30,13		30,50	100,00	30,50	7,62	38,12	
N	2,63	1,73	2,19	2,68	1,96		2,24	100,00	2,24	0,38	2,62	
O	39,82	36,39	40,40	29,36	30,18		35,23	100,00	35,23	8,81	44,04	
P	31,59	40,42	38,17	29,15	42,79		36,42	100,00	36,42	9,11	45,53	
Q	2,76	2,06	2,47	3,49	1,94		2,54	100,00	2,54	0,36	2,90	
R	10,66	19,54	19,78	21,14	10,88		16,40	100,00	16,40	4,10	20,50	
S	11,38	15,78	10,17	10,33	19,65		13,46	100,00	13,46	3,10	16,56	
T	28,19	22,16	38,89	23,18	31,12		28,71	100,00	28,71	4,59	33,30	
U	100,41	121,77	102,19	91,10	81,12		99,32	100,00	99,32	17,88	117,20	
V	56,02	60,14	58,29	42,78	52,34		53,91	100,00	53,91	9,70	63,62	
W	30,16	31,19	22,89	28,10	18,16		26,10	100,00	26,10	3,65	29,75	
X	47,90	52,52	50,17	49,18	65,10		52,97	100,00	52,97	10,07	63,04	
										TS =	743,83	
NOTA: TP= Tiempo promedio; V= Valoración del ritmo de trabajo; TB= Tiempo básico o normal; S(s)= Suplementos en segundos; TS= Tiempo estándar												

El proceso de elaboración del poste, comprende diferentes áreas, sin embargo, el proyecto tendrá relevancia en este último estudio, la producción, teniendo un tiempo estándar de 12,40 minutos, los mismos que se emplea en producir un poste. Para la capacidad de producción de la planta se tomará en cuenta el área de producción del poste, pues ahí están inmersos los tiempos de las diferentes áreas que trabajan a la par.

5.5. Capacidad de producción actual

Con el tiempo estándar (TS) obtenido de 12,40 minutos y 8 horas laborables, se aplicará la ecuación (4.8).

$$\begin{aligned}
 CP &= \frac{1}{TS} \\
 CP &= \frac{1}{12,40 \text{ min}} \\
 CP &= 0,081 \frac{\text{postes}}{\text{min}} \\
 CP &= 0,081 \frac{\text{postes}}{\text{min}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} \\
 CP &= 4,86 \frac{\text{postes}}{\text{hora}} * 8 \text{ horas} \\
 CP &= 38,88 \frac{\text{postes}}{\text{día}}
 \end{aligned}$$

Análisis: La capacidad de producción actual de la planta es de 0,081 postes por minuto, equivalente a 4,86 postes por hora. Si multiplicamos por las 8 horas laborables, se tiene una capacidad de 38,88 postes al día, redondeándolo a 38.

PROPUESTA

Para iniciar con la propuesta de optimización del proceso de postes de hormigón armado, se iniciará con la elaboración de los diagramas mejorados en el caso de ser necesario.

5.6. Diagrama de flujo propuesto

El diagrama de flujo general no es necesario modificarlo, pues el proceso para la elaboración va a seguir la misma secuencia. El diagrama se lo puede observar en la Figura 5.3.

5.7. Diagrama de recorrido propuesto

Las actividades empleadas para elaborar postes de hormigón armado se presentan en la Tabla 5.22. Mientras que el recorrido nuevo propuesto se presenta en la Figura 5.3 realizando una nueva distribución de planta.

Tabla 5.22. Descripción del recorrido propuesto de DISPOSTES CIA. LTDA.

DESCRIPCIÓN DEL RECORRIDO	
1 – 2	Los áridos son transportado a la dosificadora con la ayuda de un telehandler.
1 – B	Transporte de árido fino para realizar arandelas.
B – C	Transporte de arandelas hacia el área de estructura para su posterior armado.
2 – 3A – 3B	El hormigón saliente de la dosificadora es transportado a las áreas de producción mediante una carretilla.
A – C	Los estribos realizados son transportados al área de estructura para el armado.
C – 3A – 3B	Teniendo la estructura armada, se transporta hacia las áreas de producción.
4 – 3	Se añade vapor en las diferentes áreas de producción mediante una tubería incorporada en el piso.
3A – 3B - 5	Los postes terminados son llevados al área de fraguado mediante el telehandler.
5 – 6	Una vez listos los postes son trasladados al área de pruebas ¹ para hacer un control de calidad.
6 - 7	Si los postes pasan las pruebas de control de calidad son trasladados al área de almacenamiento para su despacho caso contrario son rechazados y depositados en el área de producto no conforme.

¹ Las pruebas se realizan únicamente a través de fiscalización y el cliente bajo la normativa INEN.

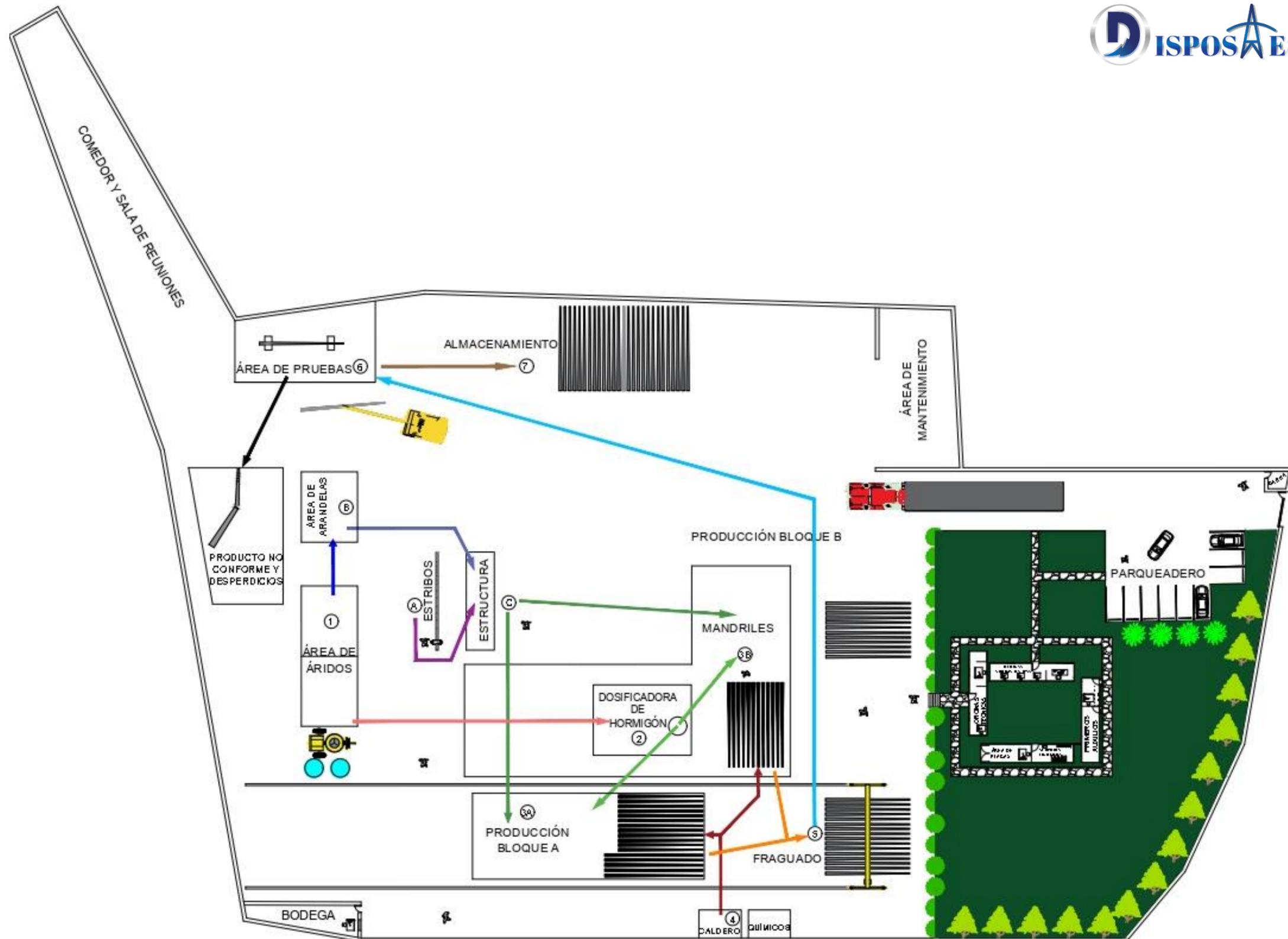


Figura 5.3. Diagrama de reconido propuesto DISPOSTESCIA, LTDA

Análisis. – Para el nuevo diagrama de recorrido se propone una mejor distribución.

- El área de arandelas se propone ubicarlo donde inicialmente se encontraba los áridos, teniendo cerca la materia prima y el área de estructuras a donde es transportado.
- El área de áridos se pretende ubicar donde se tenía la dosificadora de hormigón, distribuyendo la materia prima a la dosificadora y el área de arandelas desde un lugar estratégico.
- Finalmente, la dosificadora de hormigón que fue removida, se proyecta a ubicarla en un espacio disponible apto para la misma, en un lugar céntrico y más cercano a las áreas de producción, tanto para el bloque A como para el bloque B, reduciendo así la distancia para el transporte de hormigón y por ende se reduce el tiempo.

5.8. Cursogramas analíticos propuestos

Dentro del análisis realizado tras el estudio actual de la empresa, es viable ciertas modificaciones en las actividades con el fin de optimizar el proceso. En ciertos casos los diagramas no han sido modificados.

5.8.1. Dosificadora

Al haber propuesto una mejor ubicación al área de la dosificadora, se optimiza la distancia y tiempo. Sin embargo, las actividades realizadas en la misma van a ser las que se venían haciendo, tal como se muestra en la Tabla 5.23.

Tabla 5.23. Cursograma analítico propuesto de la dosificadora de hormigón.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO										
Hoja N° 01 De: 01 Diagrama N°: 01				Operar.	<input checked="" type="checkbox"/>	Mater.	<input type="checkbox"/>	Maqui.	<input type="checkbox"/>	
Proceso: Dosificadora de hormigón		RESUMEN			Act.	Pro.	Econ.			
Fecha: 15/06/2021		SÍMBOLO	ACTIVIDAD							
El estudio Inicia: Ingresar a cabina de control			Operación	11	11	0%				
Método: Actual: ___ Propuesto: X			Transporte	1	1	0%				
Producto: Poste de hormigón armado			Inspección	2	2	0%				
Nombre del operario: René Condorcana			Espera	2	2	0%				
Elaborado por: Jhonatan Cayo			Almacenaje	0	0	100%				
Total de Actividades realizadas				16	16	0%				
Distancia total en metros				5	5	0%				
Tiempo min/hombre				4,69	4,69	0%				
N°	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS					
										
1	Ingresar a cabina de control		5,0	15,21		●				
2	Inspeccionar tablero de control			28,62						●
3	Prender tablero de control y dosificadora			2,35	●					
4	Prender compresor			2,81	●					
5	Medir balance de materia prima			4,72						●
6	Pulsar para nivelar árido grueso			25,64	●					
7	Pulsar para nivelar árido fino			31,85	●					
8	Pulsar para nivelar el cemento			15,59	●					
9	Pulsar para nivelar el agua			39,54	●					
10	Pulsar para nivelar el aditivo			8,97	●					
11	Pulsar para subir áridos con banda transportadora para mezcla			49,37	●					
12	Pulsar para mezclar			1,20	●					
13	Esperar que mezcle			37,39						●
14	Pulsar para abrir compuerta de mezcladora			1,13	●					
15	Esperar que material se deposite en el chimbuzo			15,34						●
16	Pulsar para cerrar compuerta de mezcladora			1,59	●					
Tiempo Minutos: 4,69		m	5,0	281,3	s					

5.8.2. Armado de moldes

En el armado de moldes, para el cursograma propuesto, con el mismo número de operadores se puede realizar los siguientes cambios:

Omitir las actividades:

- 5) Cerrar la primera aleta del molde.
- 8) Colocar pernos de la primera aleta.
- 9) Cerrar la segunda aleta del molde.
- 10) Colocar pernos de la segunda aleta.

En su lugar, se combinan las actividades 5 y 6 obteniendo una sola actividad N° 7. De igual manera las actividades 8 y 10 se las puede realizar en una sola actividad N°10.

7) Cerrar las dos aletas del molde.

10) Colocar pernos en las dos aletas.

Así, se reducen actividades, optimizando tiempos con los mismos recursos. De 13 actividades se reduce a 11 y se economiza un 15%. Así también, el tiempo se reduce de 8,09 a 6,85 minutos, lo que representa un ahorro del 15% como se puede observar en la Tabla 5.24.

Tabla 5.24. Cursograma analítico propuesto del armado de moldes.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO									
Hoja N° <u>01</u> De: <u>01</u> Diagrama N°: <u>02</u>		Operar.	X	Mater.		Maqui.			
Proceso: Armado de moldes		RESUMEN							
Fecha: 15/06/2021		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.			
El estudio Inicia: Limpiar el molde			Operación	11	9	-18%			
Método: Actual: ___ Propuesto: <u>X</u>			Transporte	2	2	0%			
Producto: Poste de hormigón armado			Inspección	0	0	100%			
Número de operarios: 4 Operadores			Espera	0	0	100%			
Elaborado por: Jhonatan Cayo			Almacenaje	0	0	100%			
		Total de Actividades realizadas		13	11	-15%			
		Distancia total en metros		41	41	0%			
		Tiempo min/hombre		8,09	6,85	-15%			
N°	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS				
									
1	Limpiar el molde con una escoba			24,15	●				
2	Pasar desmoldante en el molde			27,15	●				
3	Transportar la estructura del poste		35,0	30,13		●			
4	Colocar la estructura sobre el molde			14,47	●				
5	Transportar el molde interno o mandril		6,0	12,93		●			
6	Colocar molde interno dentro de la estructura			55,60		●			
7	Cerrar las dos aletas del molde			6,34	●				
8	Colocar los seguros para presionar las dos aletas			60,44	●				
9	Poner las tapas superior del molde			43,16	●				
10	Colocar pernos en las dos aletas			62,48	●				
11	Ajustar los pernos con una pistola			73,90	●				
Tiempo Minutos: 6,85		m	41,0	410,8	s				

5.8.3. Transporte de hormigón

Al ubicar a la dosificadora de hormigón en un lugar más estratégico, se puede evidenciar algunos cambios como:

- El recorrido del transporte disminuye de 30 a 10 metros hasta los bloques de producción A y B, economizando en un 67%. Teniendo una distancia más corta se puede reducir un obrero, el mismo que puede aportar en las áreas de producción.
- Se puede eliminar la actividad N° 9 que propone “limpiar carretilla con la pala”. En su lugar se puede realizar al mismo tiempo en la actividad N° 8, que manifiesta el “colocar con la pala el hormigón en el molde y limpiar la carretilla”.

Reduciendo una operación se economiza las actividades en un 10%. Además, el tiempo se reduce de 2,23 a 1,72 minutos, economizando un 23%. El cursograma se puede apreciar en la Tabla 5.25.

Tabla 5.25. Cursograma analítico propuesto del transporte de hormigón.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO										
Hoja N° 01 De: 01 Diagrama N°: 03		Operar.	X	Mater.		Maqui.				
Proceso: Transporte de hormigón		RESUMEN			Act.	Pro.	Econ.			
Fecha: 17/06/2021		SÍMBOLO	ACTIVIDAD							
El estudio Inicia: Colocar carretilla bajo el chimbuzo			Operación	7	6	-14%				
Método: Actual: ___ Propuesto: X			Transporte	2	2	0%				
Producto: Poste de hormigón armado			Inspección	0	0	100%				
Número de operadores: 3 operadores.			Espera	1	1	0%				
Elaborado por: Jhonatan Cayo			Almacenaje	0	0	100%				
		Total de Actividades realizadas		10	9	-10%				
		Distancia total en metros		30	10	-67%				
		Tiempo min/hombre		2,23	1,72	-23%				
N°	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS					
										
1	Colocar carretilla bajo el chimbuzo			2,18	●					
2	Abrir compuerta de chimbuzo			2,43	●					
3	Conectar el motor del chimbuzo			2,04	●					
4	Esperar que la carretilla se llene de hormigón			10,81				●		
5	Desconectar motor del chimbuzo			1,42	●					
6	Cerrar compuerta de chimbuzo			2,01	●					
7	Transportar hormigón hacia moldes		10,0	11,21		●				
8	Colocar con la pala el hormigón en el molde y limpiar la carretilla			64,12	●					
9	Transportar carretilla hacia chimbuzo			7,15		●				
Tiempo Minutos: 1,72		m	10,0	103,4 s						

5.8.4. Producción del poste

En esta área se llevará a cabo un estudio más minucioso para optimizar el proceso mediante la propuesta planteada. Para ello se han realizado diversos cambios como:

- Llevar a cabo las actividades con 6 operadores, anteriormente se tenía 5 trabajadores, pero, dado el caso de reducir la distancia para el transporte de hormigón se puede omitir un obrero de transporte y colocarlo en el área de producción.
- Esta área contaría con 2 personas encargadas de los vibradores 1 y 2 respectivamente, 2 trabajadores que extiendan el hormigón con la ayuda de una varilla, 1 trabajador que colabore

en verificar que el hormigón cubra todo el molde y puede realizar tareas múltiples si es el caso y un último obrero que realice el alisado e impregnado en el poste.

- Es así que, se puede omitir las siguientes actividades:

- 3) Transportar el vibrador a la primera mesa del molde.

- 4) Colocar el vibrador en la primera mesa del molde.

- 5) Ajustar las cadenas del vibrador contra la mesa.

Y puesto a que se va a trabajar con 2 vibradores, se plantea nuevas actividades como:

- 1) Transportar el vibrador 1 a la primera mesa del molde.

- 2) Colocar el vibrador 1 en la primera mesa del molde.

- 3) Ajustar las cadenas del vibrador 1 contra la mesa

- De la misma manera se omite las actividades:

- 11) Transportar el vibrador a la segunda mesa del molde.

- 12) Colocar el vibrador en la segunda mesa del molde.

- 13) Ajustar las cadenas del vibrador contra la mesa.

De la misma manera, al trabajar con 2 vibradores, se plantea nuevas actividades que involucran al vibrador 2, teniendo así:

- 4) Transportar el vibrador 2 a la segunda mesa del molde.

- 5) Colocar el vibrador 2 en la segunda mesa del molde.

- 6) Ajustar las cadenas del vibrador 2 contra la mesa.

- Al tener 2 vibradores listos para trabajar a la par, se puede eliminar las actividades siguientes:

- 6) Encender el vibrador.

- 14) Encender el vibrador.

Y en su lugar se plantea la operación en una sola actividad número:

- 7) Encender los vibradores 1 y 2.

- Con los obreros asignados a las distintas actividades, se elimina las actividades:

- 1) Extender el hormigón por todo el molde con una varilla.

2) Verificar que el hormigón cubra todo el molde.

7) Extender el hormigón.

8) Verificar que el hormigón cubra todo el molde.

15) Extender el hormigón.

16) Verificar que el hormigón cubra todo el molde.

Se propone una operación combinada con una inspección, trabajando a la par en la siguiente actividad:

8) Extender el hormigón con una varilla y verificar que cubra todo el molde.

- Al trabajar a la par con los dos vibradores se puede omitir estas actividades:

9) Apagar el vibrador.

10) Desajustar las cadenas del vibrador.

17) Apagar los vibrador.

18) Desajustar las cadenas del vibrador.

Para, en su lugar, con los 2 obreros encargados de los vibradores 1 y 2 respectivamente, realizar las siguientes actividades propuestas:

9) Apagar los vibradores 1 y 2.

10) Desajustar las cadenas de los vibradores 1 y 2.

- Finalmente, la presente actividad:

19) Retirar el vibrador.

Se presenta como una actividad nueva para los dos vibradores, teniendo:

11) Retirar los vibradores 1 y 2.

- Realizado esos cambios presentados como propuesta, se reduce de 24 a 16 actividades, reduciendo 6 operaciones, 3 inspecciones y en su lugar aumentando una actividad combinada, de esta manera se logra economizar un 33%. Además, la distancia de transporte de los vibradores, dado que se van a trabajar con 2 y de molde a molde, disminuye de 4 a 2 metros, economizando un 33%. Y finalmente, se reduce el tiempo de 10,35 a 8,05 minutos, optimizando un 22% como se muestra en el cursograma dado en la Tabla 5.26.

Tabla 5.26. Cursograma analítico propuesto de la producción del poste.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO										
Hoja N° <u>01</u> De: <u>01</u> Diagrama N°: <u>04</u>				Operar. <input checked="" type="checkbox"/>	Mater. <input type="checkbox"/>	Maqui. <input type="checkbox"/>				
Proceso: Producción del poste				RESUMEN						
Fecha: 17/06/2021				SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.		
El estudio Inicia: Transportar el vibrador 1					Operación	17	11	-35%		
Método: Actual: <input type="checkbox"/> Propuesto: <input checked="" type="checkbox"/>					Transporte	2	2	0%		
Producto: Poste de hormigón armado					Inspección	5	2	-60%		
Número de operarios: 6 operadores					Espera	0	0	100%		
Elaborado por: Jhonatan Cayo					Almacenaje	0	1	100%		
				Total de Actividades realizadas		24	16	-33%		
				Distancia total en metros		6	4	-33%		
				Tiempo min/hombre		10,35	8,05	-22%		
N°	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS					
										
1	Transportar el vibrador 1 a la primera mesa del molde		2,0	11,24						
2	Colocar el vibrador 1 en la primera mesa del molde			2,18						
3	Ajustar las cadenas del vibrador 1 contra la mesa			11,16						
4	Transportar el vibrador 2 a la segunda mesa del molde		2,0	13,67						
5	Colocar el vibrador 2 en la segunda mesa del molde			3,06						
6	Ajustar las cadenas del vibrador 2 contra la mesa			15,78						
7	Encender los vibradores 1 y 2			6,19						
8	Extender el hormigón con una varilla y verificar que cubra todo el molde			132,38						
9	Apagar los vibradores 1 y 2			2,76						
10	Desajustar las cadenas de los vibradores 1 y 2			10,66						
11	Retirar los vibradores 1 y 2			11,38						
12	Verificar que todo el hormigón esté bien colocado en el molde			28,19						
13	Alisar la abertura por donde se colocó el hormigón			100,41						
14	Alisar el espacio para numerar el poste			56,02						
15	Revisar alisado			30,16						
16	Impregnar los números (con molde) en el alisado			47,90						
Tiempo Minutos: 8,05				m	4,0	483,1	s			

Análisis. – En los cursogramas propuestos se muestra una optimización de tiempos considerable, sin embargo, los tiempos estándar optimizados se verán reflejados detalladamente en el estudio de tiempos con las mejoras propuestas.

5.9. Estudio de tiempos propuesto

Tras las modificaciones con fines de optimización realizado en los diagramas antes vistos, se realiza un nuevo de estudio de tiempos de la misma manera que se realizó en la situación actual de la empresa. Eso incluye una toma de tiempos mediante un cronómetro con regresión a cero, el cálculo de suplementos, el número de observaciones, establecer la valoración de ritmo, el tiempo promedio y tiempo básico para finalmente determinar el tiempo estándar.

5.9.1. Dosificadora

Considerando que en esta área no se realizó modificaciones, el tiempo estándar es el mismo que se muestra en la Tabla 5.9, es decir, 310,78 segundos, lo que es lo mismo 5,18 minutos.

5.9.2. Armado de moldes

Tabla 5.27. Descripción propuesta de las actividades realizadas en el armado de moldes.

ARMADO DE MOLDES	
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
A	Limpiar el molde con una escoba
B	Pasar desmoldante en el molde
C	Transportar la estructura del poste
D	Colocar la estructura sobre el molde
E	Transportar el molde interno o mandril
F	Colocar molde interno dentro de la estructura
G	Cerrar las dos aletas del molde
H	Colocar los seguros para presionar las dos aletas
I	Poner las tapas superior del molde
J	Colocar pernos en las dos aletas
K	Ajustar los pernos con una pistola

Tabla 5.28. Suplementos actuales del armado de moldes basados en la OIT.

SUPLEMENTOS POR DESCANSO										
ACTIVIDAD/ ÍTEMS	Sexo Trabajador	SUPLEMENTOS CONSTANTES		SUPLEMENTOS VARIABLES						SUPLEMENTO TOTAL (%)
		Por necesidades personales	Por fatiga	Por trabajar de pie	Por postura anormal	Uso de fuerza	Concentración	Ruido	Monotonía	
A	H	5	4	2	0	0	0	0	0	11%
B	H	5	4	2	0	0	0	0	0	11%
C	H	5	4	2	0	0	0	0	0	11%
D	H	5	4	2	0	0	0	0	0	11%
E	H	5	4	2	0	0	0	0	0	11%
F	H	5	4	2	2	0	0	0	0	13%
G	H	5	4	2	0	5	0	0	0	16%
H	H	5	4	2	0	0	0	0	0	11%
I	H	5	4	2	0	0	0	0	0	11%
J	H	5	4	2	2	0	0	0	2	15%
K	H	5	4	2	2	0	0	2	2	17%

Para el número de muestras se presentan 5 observaciones preliminares para mediante la ecuación (4.2) determinar n.

Tabla 5.29. Observaciones preliminares presentadas en minutos.

Obs.	X	X ²
1	6,85	46,92
2	8,07	65,12
3	7,00	49,00
4	7,68	58,98
5	8,35	69,72
TOT	37,95	289,75

$$n = \left(\frac{40\sqrt{5(289,75) - (37,95)^2}}{37,95} \right)^2$$

n = 9,50 ≈ 10 observaciones.

Con las 10 observaciones obtenidas se procede a realizar el estudio de tiempos, obteniendo un tiempo estándar de 514,43 segundos, es decir 8,57 minutos, tal como se presenta en la Tabla 5.30.

Tabla 5.32. Suplementos propuestos para el transporte del hormigón basados en la OIT.

SUPLEMENTOS POR DESCANSO										
ACTIVIDAD/ ÍTEMS	Sexo Trabajador	SUPLEMENTOS CONSTANTES		SUPLEMENTOS VARIABLES						SUPLEMENTO TOTAL (% TB)
		Por necesidades personales	Por fatiga	Por trabajar de pie	Por postura anormal	Uso de fuerza	Concentración	Ruido	Monotonía	
A	H	5	4	2	0	0	0	0	1	12%
B	H	5	4	2	0	0	0	0	1	12%
C	H	5	4	2	0	0	0	2	1	14%
D	H	5	4	2	0	0	0	2	1	14%
E	H	5	4	2	0	0	0	0	1	12%
F	H	5	4	2	0	0	0	0	1	12%
G	H	5	4	2	2	22	2	0	2	39%
H	H	5	4	2	0	1	0	2	1	15%
I	H	5	4	2	2	5	0	0	2	20%

Para el número de muestras se presentan 5 observaciones preliminares para mediante la ecuación (4.2) determinar n.

Tabla 5.33. Observaciones preliminares presentadas en minutos.

Obs.	X	X²
1	1,39	1,93
2	1,49	2,22
3	1,65	2,72
4	1,66	2,76
5	1,49	2,22
TOT	7,68	11,85

$$n = \left(\frac{40\sqrt{5(11,85) - (7,68)^2}}{7,68} \right)^2$$

$$n = 7,26 \approx 7 \text{ observaciones.}$$

Con las 7 observaciones obtenidas se procede a realizar el estudio de tiempos, obteniendo un tiempo estándar de 108,97 segundos, es decir 1,82 minutos, tal como se presenta en la Tabla 5.34.

Tabla 5.34. Estudio de tiempos propuesto del transporte de hormigón.

Ingeniería Industrial		ESTUDIO DE TIEMPOS										ISPOS ASES			
Departamento:	Producción										Estudio N°:	2			
Proceso:	Transporte de hormigón										Hoja N°:	1 de 1			
Método:	Actual:					Propuesto:	X				Fecha:	18/06/2021			
Producto:	Poste de hormigón armado										Observado por:	Cayo Jhonatan			
El estudio inicia:	Colocar carretilla bajo chimbuzo										Unidad de tiempo:	Segundos (s)			
DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	CICLOS									RESÚMEN					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TP	V	TB	S(s)	TS	
A	2,18	2,85	2,01	2,49	1,68	2,18	2,04			2,20	100,00	2,20	0,26	2,47	
B	2,43	1,05	2,06	1,11	1,96	2,48	1,96			1,86	100,00	1,86	0,22	2,09	
C	2,04	2,1	1,95	2,56	2,01	1,84	2,01			2,07	100,00	2,07	0,29	2,36	
D	10,81	11,37	15,87	8,03	10,67	10,14	12,48			11,34	100,00	11,34	1,59	12,93	
E	1,42	2,05	2,1	1,76	1,18	2,47	1,94			1,85	100,00	1,85	0,22	2,07	
F	2,01	2,56	2,44	1,95	3,01	1,93	2,47			2,34	100,00	2,34	0,28	2,62	
G	11,21	14,89	16,83	13,38	10,42	12,28	12,42			13,06	100,00	13,06	5,09	18,16	
H	44,12	42,85	45,42	55,24	48,99	52,47	46,95			48,01	100,00	48,01	7,20	55,21	
I	7,15	9,42	10,58	13,29	9,32	10,34	9,11			9,89	100,00	9,89	1,19	11,07	
														TS = 108,97	

NOTA: TP= Tiempo promedio; V= Valoración del ritmo de trabajo; TB= Tiempo básico o normal; S(s)= Suplementos en segundos; TS= Tiempo estándar

5.9.4. Producción de poste

Tabla 5.35. Descripción propuesta de las actividades realizadas en la producción del poste.

PRODUCCIÓN DEL POSTE	
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
A	Transportar el vibrador 1 a la primera mesa del molde
B	Colocar el vibrador 1 en la primera mesa del molde
C	Ajustar las cadenas del vibrador 1 contra la mesa
D	Transportar el vibrador 2 a la segunda mesa del molde
E	Colocar el vibrador 2 en la segunda mesa del molde
F	Ajustar las cadenas del vibrador 2 contra la mesa
G	Encender los vibradores 1 y 2
H	Extender el hormigón con una varilla y verificar que cubra todo el molde
I	Apagar los vibradores 1 y 2
J	Desajustar las cadenas de los vibradores 1 y 2
K	Retirar los vibradores 1 y 2
L	Verificar que todo el hormigón esté bien colocado en el molde
M	Alisar la abertura por donde se colocó el hormigón
N	Alisar el espacio para numerar el poste
O	Revisar alisado
P	Impregnar los números (con molde) en el alisado

Tabla 5.36. Suplementos propuestos de la producción del poste basados en la OIT.

SUPLEMENTOS POR DESCANSO										
ACTIVIDAD/ ÍTEMS	Sexo Trabajador	SUPLEMENTOS CONSTANTES		SUPLEMENTOS VARIABLES						SUPLEMENTO TOTAL (% TB)
		Por necesidades personales	Por fatiga	Por trabajar de pie	Por postura anormal	Uso de fuerza	Concentración	Ruido	Monotonía	
A	H	5	4	2	0	9	0	2	1	23%
B	H	5	4	2	0	9	2	2	1	25%
C	H	5	4	2	2	4	2	2	1	22%
D	H	5	4	2	0	9	0	2	1	23%
E	H	5	4	2	0	9	2	2	1	25%
F	H	5	4	2	2	4	2	2	1	22%
G	H	5	4	2	0	0	0	5	1	17%
H	H	5	4	2	0	9	2	2	1	25%
I	H	5	4	2	0	0	0	2	1	14%
J	H	5	4	2	2	9	0	2	1	25%
K	H	5	4	2	0	9	0	2	1	23%
L	H	5	4	2	0	0	2	2	1	16%
M	H	5	4	2	2	0	2	2	1	18%
N	H	5	4	2	2	0	2	2	1	18%
O	H	5	4	2	0	0	0	2	1	14%
P	H	5	4	2	2	1	2	2	1	19%

Para el número de muestras se presentan 5 observaciones preliminares para mediante la ecuación (4.2) determinar n.

Tabla 5.37. Observaciones preliminares presentadas en minutos.

Obs.	X	X ²
1	8,72	76,04
2	9,49	90,06
3	9,10	82,81
4	8,41	70,73
5	9,00	81,00
TOT	44,72	400,64

$$n = \left(\frac{40\sqrt{5(400,64) - (44,72)^2}}{44,72} \right)^2$$

$n = 2,65 \approx 3$ observaciones.

Pese a que se obtuvo un valor de n de 3, se trabajará con las 5 observaciones obtenidas inicialmente y con ello se procede a realizar el estudio de tiempos, obteniendo un tiempo estándar de 648,14 segundos, es decir 10,80 minutos, tal como se presenta en la Tabla 5.38.

Tabla 5.38. Estudio de tiempos propuesto de la producción del poste.

Ingeniería Industrial		ESTUDIO DE TIEMPOS					ISPOSAS®				
Departamento:	Producción					Estudio N°:	2				
Proceso:	Producción de poste					Hoja N°:	1 de 1				
Método:	Actual:	X	Propuesto:	X		Fecha:	21/06/2021				
Producto:	Poste de hormigón armado					Observado por:	Cayo Jhonatan				
El estudio inicia:						Unidad de tiempo:	Segundos (s)				
DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	CICLOS					RESÚMEN					
	1	2	3	4	5	TP	V	TB	S(s)	TS	
A	11,24	10,89	12,57	15,48	12,95	12,63	100,00	12,63	2,90	15,53	
B	2,18	1,99	2,05	2,99	2,60	2,36	100,00	2,36	0,59	2,95	
C	11,16	24,18	20,34	12,13	22,87	18,14	100,00	18,14	3,99	22,13	
D	13,67	15,78	20,18	14,75	19,78	16,83	100,00	16,83	3,87	20,70	
E	3,06	3,95	3,15	2,81	2,18	3,03	100,00	3,03	0,76	3,79	
F	15,78	20,58	16,67	19,55	14,36	17,39	100,00	17,39	3,83	21,21	
G	6,19	6,38	7,19	5,93	6,58	6,45	100,00	6,45	1,10	7,55	
H	172,38	160,26	158,58	161,90	147,29	160,08	100,00	160,08	40,02	200,10	
I	2,76	2,15	2,95	3,01	2,94	2,76	100,00	2,76	0,39	3,15	
J	10,66	19,54	19,78	21,14	10,88	16,40	100,00	16,40	4,10	20,50	
K	11,38	15,78	10,17	10,33	19,65	13,46	100,00	13,46	3,10	16,56	
L	28,19	22,16	38,89	23,18	31,12	28,71	100,00	28,71	4,59	33,30	
M	100,41	121,77	102,19	91,10	121,12	107,32	100,00	107,32	19,32	126,64	
N	56,02	60,14	58,29	42,78	52,34	53,91	100,00	53,91	9,70	63,62	
O	30,16	31,19	22,89	28,10	18,16	26,10	100,00	26,10	3,65	29,75	
P	47,90	52,52	50,17	49,18	55,10	50,97	100,00	50,97	9,69	60,66	
									TS =	648,14	
NOTA: TP= Tiempo promedio; V= Valoración del ritmo de trabajo; TB= Tiempo básico o normal; S(s)= Suplementos en segundos; TS= Tiempo estándar											

5.10. Capacidad de producción mejorada

Para la capacidad de la planta se enfocará en el estudio de tiempos de la producción del poste, donde se obtuvo un tiempo estándar (TS) de 10,80 minutos, tiempo que se empleará en la ecuación (4.8), con 8 horas laborables.

$$CP = \frac{1}{TS}$$

$$CP = \frac{1}{10,80 \text{ min}}$$

$$CP = 0,093 \frac{\text{postes}}{\text{min}}$$

$$CP = 0,093 \frac{\text{postes}}{\text{min}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}}$$

$$CP = 5,58 \frac{\text{postes}}{\text{hora}} * 8 \text{ horas}$$

$$CP = 44,64 \frac{\text{postes}}{\text{día}}$$

Análisis: La capacidad de producción nueva de la planta es de 0,093 postes por minuto, equivalente a 5,58 postes por hora. Si multiplicamos por las 8 horas laborables, se tiene una capacidad de 44,64 postes al día, redondeándolo a 44.

5.11. Tabla comparativa

Para finalizar el estudio realizado en el presente proyecto, se realiza una comparación de la situación actual y la propuesta, tomando en cuenta las parejas analizadas, el número de obreros, el número de actividades, la distancia, el tiempo estándar y la capacidad de producción. Los resultados se presentan a continuación en la Tabla 5.39.

Tabla 5.39. Comparación de la situación actual y propuesta.

PROCESO	N° OBREROS		N° ACTIVIDADES		DISTANCIA (m)		TIEMPO ESTÁNDAR (min)		CAPACIDAD	
	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto
Dosificadora	1	1	16	16	5	5	5,18	5,18	38 postes	44 postes
Armado de moldes	4	4	13	11	41	41	10,15	8,57		
Transporte de hormigón	4	3	10	9	30	10	2,66	1,82		
Producción del poste	5	6	24	16	6	4	12,40	10,80		

5.12. Incremento de la productividad

Teniendo las dos capacidades de producción en unidades es factible calcular el incremento de la productividad expresada en porcentaje mediante la ecuación (5.1).

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades actuales} - \text{Unidades anteriores}}{\text{Unidades anteriores}} * 100\% \quad (5.1)$$

$$\text{Productividad} = \frac{44 \text{ postes} - 38 \text{ postes}}{38 \text{ postes}} * 100\%$$

$$\text{Productividad} = 0,16 * 100\%$$

$$\text{Productividad} = 16\%$$

5.13. Comprobación de la hipótesis

Producción mensual actual.

Teniendo la capacidad de producción diaria obtenida tras el estudio, se puede determinar la producción al mes, tomando en cuenta una jornada laboral de 22 días laborables mediante la ecuación (5.2).

$$\text{Producción mensual} = \text{CP} * \# \text{ días laborables} \quad (5.2)$$

$$\text{Producción mensual actual} = 38 \frac{\text{postes}}{\text{día}} * 22 \text{ días}$$

$$\text{Producción mensual actual} = 836 \frac{\text{postes}}{\text{mes}}$$

Producción mensual propuesta.

Teniendo la capacidad de producción diaria tras realizar una propuesta de mejora se puede determinar la producción al mes, tomando en cuenta una jornada laboral de 22 días laborables mediante la ecuación (5.2) presentada anteriormente.

$$\text{Producción mensual propuesta} = 44 \frac{\text{postes}}{\text{día}} * 22 \text{ días}$$

$$\text{Producción mensual propuesta} = 968 \frac{\text{postes}}{\text{mes}}$$

Incremento de la productividad mensual

Con las capacidades de producción mensuales expresada en unidades es factible calcular el incremento de la productividad en porcentaje mediante la ecuación (5.1).

$$\text{Productividad} = \frac{968 \text{ postes} - 836 \text{ postes}}{836 \text{ postes}} * 100\%$$

$$\text{Productividad} = 0,16 * 100\%$$

$$\text{Productividad} = 16\%$$

$$\text{Incremento mensual en unidades} = 132 \text{ postes}$$

Un poste de 12m x 500 Kg-f, por datos proporcionados por la dirección de la empresa, tiene un costo de venta de \$210. Con ello, se puede determinar las ventas generadas mensual y anualmente y realizar un pronóstico de ventas mediante el método de promedio móvil simple, tanto del método actual como del propuesto para una comparación.

Teniendo una capacidad mensual de 836 postes, se determina las ventas históricas por parte de la empresa durante un año, para así hallar un pronóstico y la desviación media absoluta (DAM) en el número de postes y en las ventas. Además, se muestra un porcentaje de error medio (PEMA) absoluto tal como se muestra en la Tabla 5.40.

Tabla 5.40. Pronóstico de ventas actual de la empresa.

PRONÓSTICO DE VENTAS ACTUAL								
PERÍODO	POSTES	POSTES ACUMULADO	VENTAS	PRONÓSTICO (n=2)		DAM		PEMA
				Postes	Ventas	Postes	Ventas	
Enero	814	814	\$ 170.940					
Febrero	810	1624	\$ 170.100					
Marzo	825	2449	\$ 173.250	812	\$ 170.520	13,00	(2.730,0)	1,58%
Abril	818	3267	\$ 171.780	818	\$ 171.675	0,00	(105,0)	0,00%
Mayo	830	4097	\$ 174.300	822	\$ 172.515	8,00	(1.785,0)	0,96%
Junio	816	4913	\$ 171.360	824	\$ 173.040	8,00	1.680,0	0,98%
Julio	836	5749	\$ 175.560	823	\$ 172.830	13,00	(2.730,0)	1,56%
Agosto	831	6580	\$ 174.510	826	\$ 173.460	5,00	(1.050,0)	0,60%
Septiembre	829	7409	\$ 174.090	834	\$ 175.035	5,00	945,0	0,60%
Octubre	817	8226	\$ 171.570	830	\$ 174.300	13,00	2.730,0	1,59%
Noviembre	833	9059	\$ 174.930	823	\$ 172.830	10,00	(2.100,0)	1,20%
Diciembre	836	9895	\$ 175.560	825	\$ 173.250	11,00	(2.310,0)	1,32%
Próximo período				834,5	\$ 175.245	8,6	745,5	1,04%

Así también, conociendo que el incremento de la producción con la propuesta de mejora es del 16%, se amplía la producción de postes de la Tabla 5.40 en el porcentaje mencionado, teniendo así una nueva tabla con un número nuevo de ventas por mes y de la misma manera, se procede a realizar un pronóstico móvil simple con n=2, obteniendo una DAM y un PEMA que se presenta en la tabla 5.41.

Tabla 5.41. Pronóstico de ventas propuesto de la empresa.

PRONÓSTICO DE VENTAS PROPUESTO								
PERÍODO	POSTES	POSTES ACUMULADO	VENTAS	PRONÓSTICO (n=2)		DAM		PEMA
				Postes	P. Ventas	Postes	Ventas	
Enero	945	945	\$ 198.450					
Febrero	940	1885	\$ 197.400					
Marzo	957	2842	\$ 200.970	943	\$ 197.925	14,00	(3.045,0)	1,46%
Abril	949	3791	\$ 199.290	949	\$ 199.185	0,00	(105,0)	0,00%
Mayo	963	4754	\$ 202.230	953	\$ 200.130	10,00	(2.100,0)	1,04%
Junio	947	5701	\$ 198.870	956	\$ 200.760	9,00	1.890,0	0,95%
Julio	970	6671	\$ 203.700	955	\$ 200.550	15,00	(3.150,0)	1,55%
Agosto	964	7635	\$ 202.440	959	\$ 201.285	5,00	(1.155,0)	0,52%
Septiembre	962	8597	\$ 202.020	967	\$ 203.070	5,00	1.050,0	0,52%
Octubre	948	9545	\$ 199.080	963	\$ 202.230	15,00	3.150,0	1,58%
Noviembre	967	10512	\$ 203.070	955	\$ 200.550	12,00	(2.520,0)	1,24%
Diciembre	970	11482	\$ 203.700	958	\$ 201.075	12,00	(2.625,0)	1,24%
Próximo período				968,5	\$ 203.385	9,7	861,0	1,01%

Finalmente, se realiza una tabla comparativa entre el pronóstico actual y el pronóstico propuesto con las mejoras para el número de postes como se puede observar en la Tabla 5.42.

Tabla 5.42. Comparación de pronóstico de postes actual vs propuesto.

ANÁLISIS DE PRONÓSTICOS DE POSTES				
PERÍODO	POSTES		POSTES ACUMULADO	
	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto
Enero			0	0
Febrero			0	0
Marzo	812	943	812	943
Abril	818	949	1630	1892
Mayo	822	953	2452	2845
Junio	824	956	3276	3801
Julio	823	955	4099	4756
Agosto	826	959	4925	5715
Septiembre	834	967	5759	6682
Octubre	830	963	6589	7645
Noviembre	823	955	7412	8600
Diciembre	825	958	8237	9558

De esta manera, teniendo un ejemplo puntual de 5000 postes solicitados a la empresa DISPOSTES para la ciudad de Cuenca, se determina que tras pronosticar el número de postes producidos con el método y la capacidad actual se puede entregar el pedido a los 7 meses, mientras que, con el método propuesto puedo entregarlo en 6 meses sin inconveniente alguno y teniendo una cantidad sobrante de 715 postes, mismos que pueden almacenarse para el siguiente pedido. Esto debido a que el almacenamiento no representa ningún costo en la empresa y los pedidos de postes son recurrentes y se puede mantener en stock para el siguiente despacho.

5.14. Impacto Social

La capacidad de la planta con las mejoras me permite aumentar la productividad, teniendo así, un beneficio social, puesto que la empresa cumple a tiempo o incluso antes los pedidos, realizando el nombre como fabrica, otorgando una buena carta de presentación y contribuyendo a que la sociedad prospere. Los postes de hormigón armado se utilizan para el tendido de líneas eléctricas y de telecomunicaciones, por lo mismo, los clientes de DISPOSTES son contratistas o empresas públicas dedicadas a dicha actividad. Al ser eficientes con la entrega de pedidos, los proyectos nuevos asociados a energía eléctrica se pueden entregar mucho antes de lo planeado, mejorando la calidad de vida de sectores donde se van a efectuar las obras.

Internamente, también tiene un impacto debido a que el aumento del volumen de producción al ser directamente proporcional al número de ventas, da apertura a que se implementen en la empresa, sistemas de motivación, charlas y servicios de seguridad de salud que ayude de manera directa a mejorar el estilo de vida del empleado en su puesto de trabajo y generando un ambiente laboral con una mejor perspectiva y mayor compromiso del trabajador hacia la empresa sintiéndose respaldado por la misma. Además, que, al cumplir oportunamente el pedido se puede pagar puntualmente al empleado y obtener posibles bonos, siendo un beneficio social para las familias de los colaboradores de la empresa.

5.15. Impacto Económico

Dentro de la empresa, el incremento de la productividad y consigo de las ventas, mejora las utilidades para todos los trabajadores. También puede significar la creación de un sistema de incentivos acorde a lo producido, bonificando al empleado y motivándolo a mejorar constantemente.

El impacto económico externo a la empresa se puede ver reflejado conjuntamente con el impacto social. Al aportar para que los proyectos se puedan realizar de manera mucho más rápida, la plusvalía del sector donde se realicen las obras va a crecer, generando un aumento del valor de un bien debido a las mejoras que se ejecutan en la sociedad.

Además, el incremento de la productividad en DISPOSTES conlleva a dar la apertura a empresas contratistas que adquieren el producto de la empresa, a que tengan la capacidad de aumentar el número de proyectos al año. Esto implica un beneficio económico para la empresa y para el contratista (cliente), pues van a ampliar su mercado laboral y también para los trabajadores de ambas partes ya que van a existir las fuentes de empleos que permitan obtener una remuneración económica para subsistir.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- El presente estudio da la apertura para futuros proyectos y la oportunidad de evaluar y mejorar continuamente la productividad con los mismos o nuevos recursos de ser el caso.
- Una nueva ubicación estratégica de la dosificadora y el eliminar o combinar ciertas actividades que generan demoras permite optimizar tiempos directamente proporcionales a la producción de postes de hormigón.
- Una vez realizado el estudio propuesto, se puede optimizar 1,60 minutos por poste producido que en unidades representan el incremento de 6 unidades diarias y un incremento de la productividad de un 16%. Así mostrando que pese a no tener un tiempo alto de optimización en las 8 horas laborables al día es una cantidad significativa.

6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio técnico previo a la adquisición de una nueva maquinaria para que la misma cubra las expectativas de la empresa.
- Es recomendable tener un proceso estandarizado y de la misma manera la asignación específica de actividades a los obreros, limitándose en lo posible a que un trabajador realice actividades múltiples, pues de una u otra manera afecta al método de trabajo y puede generar retrasos en la producción.
- Puesto que la producción de la empresa se enfoca en los postes de hormigón armado para tendido eléctrico y telecomunicaciones, se recomienda diversificar sus productos, ampliando el mercado que implique hormigón, incluso ser distribuidor del mismo, teniendo más clientes según los servicios que se incorpore y una demanda recurrente.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] K. A. Jijón Bautista, “Estudio de tiempos y movimientos para mejoramiento de los procesos de producción de la empresa Calzado Gabriel”, Universidad Técnica de Ambato, 2013.
- [2] F. F. Ricaurte Lucín, “Optimización De Los Procesos Que Se Desarrollan En La Empresa Sadinsa S.A.”, Universidad Politécnica Salesiana, 2014.
- [3] J. A. Yuqui Casco, “Estudio de procesos, tiempos y movimientos para mejorar la productividad en la planta de ensamble del modelo golden en Carrocerías Megabuss”, Universidad de Chimborazo, 2016.
- [4] G. M. Villacreses Lozada, “Estudio de tiempos y movimientos en la empresa embotelladora de guayusa Ecocampo”, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2018.
- [5] J. D. Marcalla Tuso y J. C. Tenorio Almache, “Estudio del proceso de fabricación del yogurt para la optimización de tiempos y movimientos en la empresa de productos lácteos Leito”, Universidad Técnica de Cotopaxi, 2018.
- [6] A. O. Acevedo Borrego y M. C. Linares Barrantes, “El enfoque y rol del ingeniero industrial para la gestión y decisión en el mundo de las organizaciones”, *Ind. Data*, vol. 15, pp. 9–24, 2012, [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81624969002>.
- [7] W. K. Hodson, *Manual del Ingeniero Industrial*, 4a ed. Maynard, 2005.
- [8] J. R. Stincer Gomez, *Introducción a la ingeniería industrial.*, 1era ed. México, 2012.
- [9] G. Baca Urbina *et al.*, *Introducción a la ingeniería industrial.*, 2da ed. México, 2014.
- [10] R. B. Chase y R. F. Jacobs, *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros.*, 13va ed. México, 2009.
- [11] B. W. Niebel y A. Freivalds, *Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo.*, 12va ed. México, 2009.
- [12] H. A. Pinos Espinoza, “Implementación de una fábrica de postes de hormigón armado basada en la creación de valores.”, Universidad de Cuenca, 2016.
- [13] L. J. Krajewsky, L. P. Ritzman, y M. K. Malhotra, *Administración de Operaciones*,

procesos y cadenas de valor, 8va ed. México, 2008.

- [14] OIT, *Introducción al estudio del trabajo*, 4ta ed. Ginebra: George Kanaeaty, 1996.
- [15] F. E. Meyers, *Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil*, 2da ed. México, 2000.
- [16] L. C. Palacios Acero, *Ingeniería de métodos, tiempos y movimientos*, 2da ed. Bogotá, 2016.
- [17] E. B. Franklin Fncowsky, *Organización de empresas*, 3era ed. México, 2003.

ANEXO B

Registro de tiempos de la dosificadora de hormigón.

Proceso: Dosificadora de hormigón.		Registro de tiempos cronometrados (segundos)								
N°	DESCRIPCION	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Ingresar a cabina de control	15,21	11,73	24,90	20,78	18,52	21,84	16,93	20,36	
2	Inspeccionar tablero de control	28,62	20,56	22,07	19,49	30,18	29,47	31,27	29,55	
3	Prender tablero de control y dosificadora	2,35	2,01	1,78	2,16	1,67	2,18	1,87	2,14	
4	Prender compresor	2,81	2,46	3,01	1,96	2,17	2,26	1,99	2,66	
5	Medir balance de materia prima	4,72	3,16	4,07	4,28	3,96	3,18	3,01	4,12	
6	Pulsar para nivelar árido grueso	25,64	20,47	28,46	30,63	27,33	31,67	30,45	29,21	
7	Pulsar para nivelar árido fino	21,85	25,48	29,58	30,18	29,77	32,48	30,64	28,47	
8	Pulsar para nivelar el cemento	15,59	10,47	19,56	11,78	20,05	20,37	18,52	17,89	
9	Pulsar para nivelar el agua	39,54	35,87	25,89	41,49	39,04	40,36	40,11	37,66	
10	Pulsar para nivelar el aditivo	8,97	7,83	9,99	7,67	8,62	7,27	9,06	8,99	
11	Pulsar para subir áridos con banda transportadora para mezcla	49,37	30,47	41,28	40,39	39,11	40,78	39,94	41,56	
12	Pulsar para mezclar	1,20	1,87	1,05	2,10	1,95	1,34	1,56	2,05	
13	Esperar que mezcle	37,39	30,68	40,18	39,96	41,17	40,59	35,78	39,81	
14	Pulsar para abrir compuerta de mezcladora	1,13	1,87	1,47	2,03	1,89	2,17	1,78	1,65	
15	Esperar que material se deposite en el chimbuzo	15,34	22,49	18,28	20,67	19,34	21,47	17,59	20,11	
16	Pulsar para cerrar compuerta de mezcladora	1,59	2,01	2,49	1,96	1,86	2,18	1,65	1,74	

ANEXO E

Registro de tiempos de la producción del poste.

Proceso: Producción de poste		Registro de tiempos cronometrados (seg)							
N°	DESCRIPCION	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Extender el hormigón por todo el molde con una varilla	40,74	30,19	23,56	46,82	45,19			
2	Verificar que el hormigón cubra todo el molde	16,91	19,03	24,86	18,26	20,86			
3	Transportar el vibrador a la primera mesa del molde	15,24	9,10	16,76	10,86	12,23			
4	Colocar el vibrador en la primera mesa del molde	2,18	1,99	2,05	2,99	2,60			
5	Ajustar las cadenas del vibrador contra la mesa	11,16	24,18	20,34	12,13	22,87			
6	Encender el vibrador	2,19	2,10	3,01	2,81	1,97			
7	Extender el hormigón	59,19	44,89	50,02	49,90	50,02			
8	Verificar que el hormigón cubra todo el molde	35,12	36,28	24,89	21,35	40,12			
9	Apagar el vibrador	1,65	2,18	2,96	1,93	2,50			
10	Desajustar las cadenas del vibrador	28,62	17,74	24,19	16,74	25,63			
11	Transportar el vibrador a la segunda mesa del molde	10,55	8,12	14,35	9,34	13,14			
12	Colocar el vibrador en la segunda mesa del molde	2,98	2,05	1,96	3,19	2,59			
13	Ajustar las cadenas del vibrador contra la mesa	32,74	38,10	24,13	27,39	30,13			
14	Encender el vibrador	2,63	1,73	2,19	2,68	1,96			
15	Extender el hormigón	39,82	36,39	40,40	29,36	30,18			
16	Verificar que el hormigón cubra todo el molde	31,59	40,42	38,17	29,15	42,79			
17	Apagar el vibrador	2,76	2,06	2,47	3,49	1,94			
18	Desajustar las cadenas del vibrador	10,66	19,54	19,78	21,14	10,88			
19	Retirar el vibrador	11,38	15,78	10,17	10,33	19,65			
20	Verificar que todo el hormigón esté bien colocado en el molde	28,19	22,16	38,89	23,18	31,12			
21	Alisar la abertura por donde se colocó el hormigón	100,41	121,77	102,19	91,10	81,12			
22	Alisar el espacio para numerar el poste	56,02	60,14	58,29	42,78	52,34			
23	Revisar alisado	30,16	31,19	22,89	28,10	18,16			
24	Impregnar los números (con molde) en el alisado	47,90	52,52	50,13	49,18	65,10			

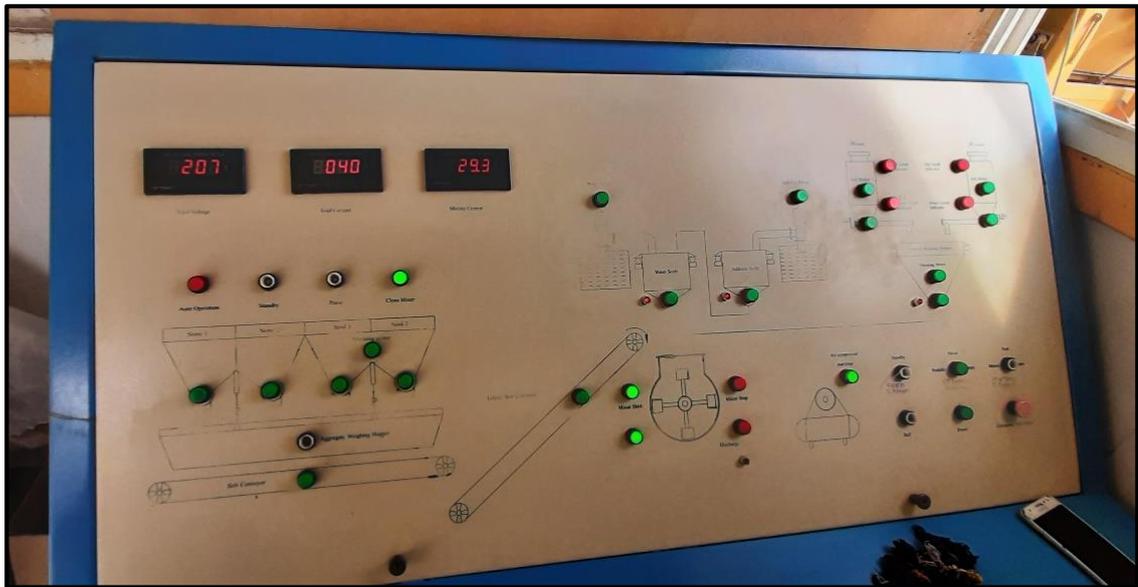
ANEXO F
EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS



Planta DISPOSTES CIA. LTDA.



Dosificadora de hormigón.



Tablero de control de la dosificadora.



Hormigón depositado en la carretilla listo para su transporte.



Armado de moldes.



Transporte del hormigón.



Área de producción.



Trabajos realizados en el área de producción.



Marcación de número de poste y nombre de la empresa.



Registro de tiempos de los diferentes procesos.