



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
INDOAMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TEMA:**

---

MEJORA DEL PROCESO DE APILAMIENTO DE PLATAFORMAS DE FRAGUADO Y  
DESMOLDEO DEL PRODUCTO EN UNA EMPRESA DEL SECTOR DE LA  
CONSTRUCCIÓN

---

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Autor

Miranda Condoy David Alejandro

Tutor

MSc. Alexis Suárez del Villar Labastida, Ing.

QUITO – ECUADOR  
2024

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL Y TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL  
TRABAJO DE TITULACIÓN**

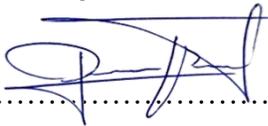
Yo David Alejandro Miranda Condoy declaro ser autor del Trabajo de titulación con el nombre “MEJORA DEL PROCESO DE APILAMIENTO DE PLATAFORMAS DE FRAGUADO Y DESMOLDEO DEL PRODUCTO EN UNA EMPRESA DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito a los 28 días del mes de febrero de 2024, firmo conforme:

Autor: David Alejandro Miranda Condoy

Firma: .....  


Número de Cédula: 1723564983

Dirección: Pichincha, Quito, Quitumbe, Quitumbe

Correo Electrónico: [davidmiranda2084@yahoo.es](mailto:davidmiranda2084@yahoo.es)

Teléfono: 0984377634

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “**MEJORA DEL PROCESO DE APILAMIENTO DE PLATAFORMAS DE FRAGUADO Y DESMOLDEO DEL PRODUCTO EN UNA EMPRESA DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN**” presentado por el Sr. David Alejandro Miranda Condoy para optar por el Título de Ingeniero Industrial

### **CERTIFICO**

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 28 de febrero del 2024

.....  
MSc. Alexis Suárez del Villar Labastida, Ing.

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 28 de febrero del 2024



David Alejandro Miranda Condoy

172356498-3

## **APROBACIÓN TRIBUNAL**

El trabajo de Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: MEJORA DEL PROCESO DE APILAMIENTO DE PLATAFORMAS DE FRAGUADO Y DESMOLDEO DEL PRODUCTO EN UNA EMPRESA DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Quito, 28 de febrero de 2024

EXAMINADOR 1

Ing. Jaqueline Villacís Msc.

EXAMINADOR 2

Ing. Pablo Ron Msc.

## DEDICATORIA

Dedicado a mi amada familia, a mi esposa Gianella Gutiérrez por ser mi soporte constante en esta etapa de mi vida; a mis hijos Mikaela, Haniel y Génesis quienes son mi inspiración en todo momento, les dedico con mucho amor por ocupar su tiempo para la obtención de este título para ser guía y ejemplo para ellos.

A mis padres por los valores inculcados, a mis hermanos por su apoyo cuando lo necesité para continuar con esta larga pero apasionante carrera que hoy veo hecha realidad.

Dedicado a Dios, para Él la Gloria y la Honra

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Indoamérica por permitirme ser parte de esta prestigiosa institución, a los tutores que formaron parte durante la carrera. Agradezco a mi tutor de proyecto Ing. Alexis Suarez por inculcar a cumplir con los requerimientos del proyecto. Una mención especial a la Ing. Liliana Topón quien representó un impulso de superación y afán de superación personal.

## INDICE

CAPÍTULO I .....	13
DIAGNÓSTICO DEL CASO A ESTUDIAR .....	14
DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DEL CASO DE ESTUDIO SELECCIONADO .....	14
JUSTIFICACIÓN .....	16
OBJETIVOS .....	17
Objetivo General .....	17
Objetivos Específicos.....	17
CAPÍTULO II.....	18
SIMPLIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Mejorar el método de trabajo .....	18
Elección del proceso a mejorar .....	18
Diseño de métodos de trabajo .....	19
HERRAMIENTAS DE REGISTRO Y ANÁLISIS .....	20
Diagrama de Operaciones de Procesos .....	20
Diagrama de Flujo de Proceso .....	22
METODOLOGÍA SLP (SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING) PLANEACIÓN SISTEMÁTICA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA. ....	25
Distribución de Planta.....	25
SLP.....	26
Sistema Layout Planning .....	30
Diagrama de relaciones.....	32
Diagrama de hilos y de colores .....	33
Diagrama de distribución.....	34
CAD – CAM.....	35

SOFTWARE INVENTOR.....	36
METODOLOGÍA DEL DIAGNÓSTICO.....	37
CAPÍTULO III.....	38
RESULTADOS.....	38
DETALLE DE OPERACIÓN EN DESMOLDEO .....	38
DETALLE DE OPERACIÓN Y RECORRIDO DEL MONTACARGUISTA.....	41
LIMITACIONES DEL CASO DE ESTUDIO .....	43
CONSIDERACIONES AMBIENTALES .....	43
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	44
Conclusiones .....	44
Recomendaciones .....	44
CAPÍTULO IV.....	46
PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN.....	46
Metodología .....	46
Desarrollo de la propuesta .....	47
PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA .....	58
BIBLIOGRAFÍA .....	63
ANEXOS .....	65

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Diagrama de flujo con símbolo ASME.....	23
<b>Tabla 2</b> Símbolos no estándares en el diagrama de procesos .....	23
<b>Tabla 3</b> Valores de relación SLP.....	33
<b>Tabla 4</b> Códigos de relación.....	53
<b>Tabla 5</b> Tabla comparativa del estado actual y la propuesta.....	61

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Convenciones de diagrama de flujo .....	21
<b>Figura 2</b> Diagrama de Proceso Operativo.....	22
<b>Figura 3</b> Diagrama de flujo.....	25
<b>Figura 4</b> Distribución por posición fija.....	27
<b>Figura 5</b> Distribución en planta por proceso.....	28
<b>Figura 6</b> Distribución por producto, línea o cadena.....	29
<b>Figura 7</b> Factores que afectan a la distribución de planta.....	30
<b>Figura 8</b> Esquema Systematic Layout Planning .....	31
<b>Figura 9</b> Diagrama de relaciones .....	32
<b>Figura 10</b> Diagrama de hilos.....	34
<b>Figura 11</b> Diagrama de colores .....	34
<b>Figura 12</b> Diagrama de distribución .....	35
<b>Figura 13</b> Operación adicional en desmolde de producto.....	39
<b>Figura 14</b> Operación con riesgo mecánico .....	39
<b>Figura 15</b> Estación actual de almacenamiento y colocación de postes.....	40
<b>Figura 16</b> Almacenamiento y colocación de postes.....	40
<b>Figura 17</b> Propuesta de una nueva disposición para postes .....	41
<b>Figura 18</b> Estructura propuesta para almacenar los postes. ....	42
<b>Figura 19</b> Diagrama de Operación de Proceso Actual.....	48
<b>Figura 20</b> Diagrama de operación Propuesta de mejora.....	¡Error! Marcador no definido.
<b>Figura 21</b> Diagrama de operación Propuesta de mejora .....	50
<b>Figura 22</b> Cursograma Analítico de Operaciones, estado actual .....	51
<b>Figura 23</b> Cursograma Analítico de Operaciones, Propuesta .....	52
<b>Figura 24</b> Diagrama de Relaciones actual proceso apilamiento plataformas en fraguado. ....	54
<b>Figura 25</b> Diagrama de Relaciones, proceso apilamiento de plataformas para fraguado con propuesta de mejora .....	55
<b>Figura 26</b> Diagrama de relaciones y proximidad, estado actual .....	56
<b>Figura 27</b> Diagrama de referencias y proximidad con propuestas.....	56
<b>Figura 28</b> Diagrama de hilos actual .....	57

<b>Figura 29</b> Diagrama de hilos con propuesta .....	57
<b>Figura 30</b> Diagrama de distribución actual.....	58
<b>Figura 31</b> Diagrama de distribución de propuesta.....	58
<b>Figura 32</b> Estructuras de almacenamiento .....	59
<b>Figura 33</b> Planos de propuesta de estructura para postes.....	60
<b>Figura 34</b> Comparativo de optimización. ....	62

**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**  
**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:** MEJORA DEL PROCESO DE APILAMIENTO DE PLATAFORMAS DE FRAGUADO Y DESMOLDEO DEL PRODUCTO EN UNA EMPRESA DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

**AUTOR:** David Alejandro Miranda Condoy

**TUTOR:** MSc. Alexis Suárez del Villar Labastida, Ing.

**RESUMEN EJECUTIVO**

En el presente proyecto identificamos un proceso de trabajo que genera riesgos a los operadores en el proceso de desmoldeo de producto, esto por una mala disposición de la estación donde se están almacenando los postes. El objetivo es realizar una redistribución en planta para mejorar la disposición de almacenamiento de los postes que se utilizan para apilar las plataformas de producto de manera vertical en las cámaras de fraguado, esto lo vamos a realizar mediante herramientas de ingeniería industrial, donde incluiremos estudios de SLP, diagramas de proceso, diagramas de operaciones y realizaremos una propuesta de una nueva estructura para almacenar los postes. Finalizado el proyecto se demostró que se puede reducir un posible riesgo al bienestar del trabajador que se estaba asumiendo innecesariamente en la desmoldeadora, al realizar las intervenciones en planta lograremos tener una mejor distribución de tareas para los operarios de montacargas puesto que pudimos reducir el recorrido, las distancias y los tiempos en sus actividades al haber eliminado una estación de trabajo, al finalizar se logró optimizar casi una hora de sus actividades y reducimos el recorrido en sesenta y siete metros por cada ciclo.

**DESCRIPTORES:** Diagramas de proceso, plataformas o coches, postes de apilamiento, cámaras de fraguado, desmoldeadora.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTY OF ENGINEERING, INDUSTRY AND PRODUCTION**  
**INDUSTRIAL ENGINEERING**

**TOPIC:** IMPROVEMENT OF THE STACKING PROCESS OF SETTING PLATFORMS AND REMOVAL OF THE PRODUCT IN A COMPANY IN THE CONSTRUCTION SECTOR.

**AUTHOR:** David Alejandro Miranda Condoy

**TUTOR:** MSc. Alexis Suárez del Villar Labastida, Ing.

**ABSTRACT**

In this project, we identify a work process that generates risks to operators in the product demolding process due to a poor station arrangement where the poles are being stored. The objective is to carry out a plant redistribution to improve the storage arrangement of the poles that stack the product platforms vertically in the setting chambers. It will be done using industrial engineering tools, where we will include SLP studies, process diagrams, and operation diagrams, and we will propose a new structure to store the poles. At the end of the project, it was demonstrated that possible risk to the well-being of the worker that was being unnecessarily assumed in the demolding machine could be reduced; by carrying out the interventions in the plant, we will achieve a better distribution of tasks for the forklift operators since we were able to reduce the route, distances and times in their activities by eliminating a work station, at the end we were able to optimize almost an hour of their activities and we reduced the route by sixty-seven meters per cycle.

**EYWORDS:** Process Diagrams, Platforms or Cars, Stacking Posts, Setting

# CAPÍTULO I

## DIAGNÓSTICO DEL CASO A ESTUDIAR

### **Descripción y formulación del problema del caso de estudio seleccionado**

En una empresa industrial del sector de la construcción se dedica a la producción y distribución de placas para cubiertas. Siendo proveedor para constructoras y desarrolladores de obras en el país, tiene como objetivo generar confianza en sus usuarios y consumidores bajo un enfoque de sostenibilidad.

La empresa ubicada en el sur de Quito en el Sector del Parque Industrial; la planta industrial cuenta con una amplia gama de productos entre las que destacamos la producción de placa ondulada gris, placa ondulada a color, placas planas para la construcción liviana, pinturas colorcel para interiores y exteriores.

Entre los procesos que se cumplen en la empresa para la producción de placas, está el transporte del producto para ser fraguado y posteriormente (cumplido el tiempo de fragüe) este producto será desmoldeado; es en este transcurso o en estos dos eventos donde se ha encontrado una oportunidad de mejora para optimizar los tiempos de trabajo, equilibrio de actividades y reducir los índices de probabilidad de accidentabilidad.

En este proyecto realizaremos el estudio de tiempos y movimientos en un proceso de producción con la intención de reducir transportes innecesarios en el proceso de apilamiento de plataformas y a la vez eliminar un problema relacionado con la seguridad industrial. El proceso en el que vamos a trabajar data del apilamiento de plataformas donde se tiene ubicados los moldes con láminas frescas que salen del proceso de ondulado en los pórticos onduladores; a estas plataformas con moldes y láminas dispuestas en parejas de 33 unidades las vamos a denominar “Coches”.

El proceso inicia cuando el montacarguista retira los coches desde los pórticos y los transporta hasta un punto donde se va a colocar los postes que servirán de soporte para apilar las siguientes plataformas, después de colocar los postes el montacarguista transportará los coches hasta las cámaras de fraguado, en ella los apilará hasta en 3 filas para optimizar el espacio. Una vez que el producto cumpla con el tiempo de fraguado (6 - 8 horas), los coches son retirados por los montacarguistas nuevamente y son llevados a los pórticos desmoldeadores; el proceso de

desmoldeo consta de separar los moldes de las placas de fibrocemento mediante ventosas con sistemas de succión de vacío; la operación principal de los operadores de la desmoldeadora (2 operadores) es asegurar que el la placa se separe del molde y a la vez ir acomodando las placas en los pallets de arrume, retirar placas con mala calidad y separar placas para realizar ensayos de calidad; a este proceso de desmoldeo es donde los montacarguistas han acostumbrado a llevar los coches con los postes incluidos, obligando así a que el operador de la desmoldeadora tenga un proceso adicional que es el de retirar estos postes mientras el otro operador continúa con la operación de acomodar las placas durante el apilamiento en los pallets, esta actividad conlleva el riesgo de atrapamiento y riesgo de tener algún golpe por las ventosas que se transportan de manera lateral y está en proceso automático. Por el momento debido al riesgo se a logrado limitar que el operador retire las placas por mala calidad y las placas para ensayos de calidad puesto que se dispone de personal en patios de almacenamiento para que realice esta clasificación. Este estudio está basado en toma de tiempos para demostrar que el montacarguista puede realizar la actividad de retirar estos postes; identificamos en el proceso que si modificamos el puesto para colocar estos postes le será mucho más fácil y productivo al montacarguista colocar y retirar los postes sin agregarle algún tipo riesgo o carga laboral adicional, este cambio lo realizaremos basándonos en diseño de plantas, para la fabricación de las nuevas estructuras nos apoyaremos en el uso de software de diseño asistido por computadora para y posterior implementación.

**Nace la interrogación:** ¿Qué beneficios obtiene la empresa con el desarrollo de este proyecto?

Al finalizar este proyecto, logrando implementar las propuestas de mejora reduciremos los tiempos muertos logrando así tener una mejor distribución de actividades, tendremos una distribución apropiada de almacenamiento de elementos propios del trabajo mitigando también el riesgo de accidentabilidad derivado de un proceso que demostramos como se lo puede mejorar a través del estudio de tiempos. Favorecemos a los procesos de los clientes internos con una mejor distribución de actividades, brindando a los operarios los recursos adecuados para desenvolverse en sus actividades y a la vez brindando mayor seguridad.

## **Justificación**

Optimizar los tiempos de trabajo en el proceso de apilamiento de coches en el proceso de fraguado, también vamos a mejorar el aspecto de orden aprovechando los espacios disponibles. Un aspecto **importante** por resaltar es que queremos mitigar un riesgo que se presenta con los operadores de la desmoldeadora, se tiene el riesgo de atrapamiento o de que el operador sea golpeado al momento de retirar los postes de las plataformas, eliminaremos tiempos muertos de un proceso y eliminaremos riesgos asociados con posibles golpes o atrapamientos.

Con este estudio obtendremos beneficios como la optimización de puestos de almacenamiento, mejora en los tiempos de trabajo y una mejor organización en las actividades, mitigación de riesgos de trabajo relacionados a otras que van de la mano a este proyecto de mejora. De esta manera sabemos que los **beneficiarios** será el área de producción en sus procesos, los operadores al reducir su carga laboral y la mitigación de riesgos a los que actualmente está expuestos.

Este estudio en la empresa Eternit Ecuatoriana será de **impacto** puesto que vamos a tener menor recorrido del montacargas, mejorará la disponibilidad de tiempos de trabajo en la operación descrita y terminaremos influyendo en la reducción de riesgos en el trabajo.

Logrando manejar la información obtenida de este estudio y luego transmitir el proceso que requiere este proyecto consideramos que la **utilidad** del mismo lo veremos reflejado en la reducción de recorrido del operador en el montacargas. Realizaremos matrices que luego servirán como base para estudio de algún otro proceso que se desee mejorar.

La **factibilidad** de este caso de estudio desarrollado en este proyecto lo basamos en un problema identificado en un proceso que tiene falencias y que desemboca en problemas incluso de ámbito de seguridad. La empresa Eternit Ecuatoriana S.A. nos ha dado apertura y ha brindado los recursos necesarios para poder intervenir en este proceso con el objetivo de mejorar y evidenciar la propuesta en el proceso.

## **OBJETIVOS**

### ***Objetivo General***

Mejorar el proceso de apilamiento de plataformas durante el fraguado de producto de fibrocemento mediante herramientas de ingeniería industrial reduciendo el riesgo de accidentabilidad en el desmoldeo del producto.

### ***Objetivos Específicos***

- Evaluar los tiempos de operación durante el transporte de plataformas mediante diagramas de procesos para ajustar las actividades a los operarios.
- Redistribuir la disposición del puesto de trabajo de almacenamiento de postes en planta a través de la metodología SLP eliminando transportes innecesarios en el proceso.
- Diseñar un cursograma analítico considerando las operaciones, tiempos y distancias que se involucran en el proceso de transporte de las plataformas para evaluar y redistribuir las actividades de los operarios, desmoldeadores y montacarguistas.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### **Fundamentación científica-técnica**

##### ***Mejorar el método de trabajo***

La mejora del trabajo es un enfoque sistemático para optimizar el rendimiento y la eficiencia en el entorno laboral que busca maximizar los resultados, disminuir desperdicios y promover la satisfacción de los colaboradores; puede enfocarse en diferentes aspectos como la tecnología utilizada, los procesos de trabajo, la capacitación y desarrollo de habilidades, el ambiente laboral y la gestión de desempeño.

Para obtener una mejora del trabajo vamos a implementar métodos cuyos resultados sean positivos en la búsqueda de mejores procesos siendo estos más fáciles de desarrollar y seguros para el colaborador.

Entre los requisitos que vamos a considerar para efectuar una mejora del trabajo tenemos:

- Conocer los procesos como de se desarrollan en la actualidad.
- Relacionar los elementos que componen los métodos.
- Registrar los materiales con la intención de especificar, sustituir, reducir, o normalizar procesos.
- Estudiar la manipulación de materiales con objetivo de: reducir manipulaciones manuales, acortar distancias y lograr un transporte adecuado.
- Tener una mejor distribución de plantas. (PALACIOS, 2016)

##### ***Elección del proceso a mejorar***

Para determinar el lugar de trabajo donde se pretende realizar la mejora, es necesario tener el conocimiento de la estación de trabajo, sus factores de afectación como lo son los procesos, materiales, herramientas, equipos, instalaciones y movimientos. Para la implementación del método debemos tener un cuadro que contenga la relación detallada de los elementos en los procesos, tener un registro de cada operación, preferir aspectos de mejora en el proceso como la eliminación de desperdicios, diferenciar las cargas de trabajo, simplificar el diseño y disminuir la fatiga de los operadores.

- Es importante verificar el desempeño de las máquinas en relación con: tener máquinas en buenas condiciones, herramientas adecuadas para el trabajo, uso de herramientas de uso simple, que ayuden a reducir los tiempos perdidos, realizar una buena inspección, aumentar la velocidad.
- También destacamos la revisión de las operaciones con el fin de eliminar operaciones que no agregan valor al trabajo.
- Dividir operaciones en elementos menores.
- Combinar operaciones.
- Cambiar el orden las operaciones
- Combinar operaciones con las inspecciones y a la vez reduciendo interrupciones.
- Seleccionar al operador de tal manera: que tenga capacidad física y mental, eliminar la fatiga cambiando el ambiente de trabajo, dando una adecuada carga laboral, dotar de los recursos necesarios como equipos en buen estado, herramientas adecuadas y capacitación.
- Observar las condiciones de trabajo y brindar: un buen ambiente físico en sus actividades, un lugar seguro para trabajar, jornadas y periodos de descanso adecuados, mantener el orden y la limpieza. (PALACIOS, 2016)

### ***Diseño de métodos de trabajo***

Según (NIEBEL, 2009), “los diseños de métodos de trabajo se basan en factores anatómicos, biomecánicos y fisiológicos el uso de los principios de economía de movimientos y la información recolectada en:

- Diagrama del proceso de ensamble.
- Diagrama de flujo o recorrido.
- Diagrama de operaciones.
- Diagrama Hombre – máquina”.

En conclusión (PALACIOS, 2016), determina que “con estos diagramas se pretende recoger información de los procesos en estudio, describir los elementos de la operación, esquema del sitio de trabajo, descripción del sitio de los materiales, máquinas, herramientas, plantillas, recipientes y equipos de manejo de materiales, empaques y embalajes utilizados”

## HERRAMIENTAS DE REGISTRO Y ANÁLISIS

### *Diagrama de Operaciones de Procesos*

El diagrama de operaciones nos permite observar la secuencia cronológica de todas las operaciones tales como las inspecciones, tiempos permitidos y materiales que se utilizan en el proceso de manufactura sean estas de taller o máquinas, así como las inspecciones y los materiales a utilizar en un proceso de fabricación o en procesos administrativos. Este diagrama es representativo para los ingenieros industriales ya que podremos plasmar de forma gráfica la entrada de todos los componentes o subconjuntos de ensamble hasta llegar al producto terminado. La ventaja del diagrama de operaciones es que se puede apreciar las partes, tiempos, tolerancias y especificaciones del proceso de manufactura con revisar el mismo.

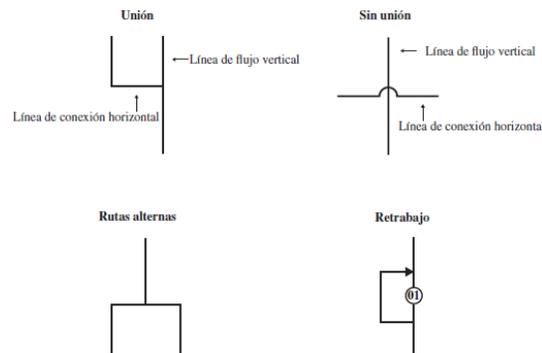
La simbología dentro del diagrama de operaciones manejaremos dos elementos principales, el primero será un pequeño círculo el cual representará todas las operaciones del proceso mientras que el segundo elemento es un cuadrado que representa las inspecciones que se gestionan dentro del proceso, también podemos encontrar operaciones combinadas (una operación requiere una inspección a la vez) que están representadas por un círculo contenido por un cuadrado. Una operación es cuando se cambia intencionalmente las características físicas o químicas de un objeto, la inspección es cuando se examina el objeto para verificar su conformidad el cumplimiento de estándares establecidos para calidad o cantidad. Cada una de ellas (operación e inspección) tienen que ser numerada de forma independiente y de manera secuencial. (NIEBEL, 2009)

El flujo general del proceso según (NIEBEL, 2009) se representa mediante líneas verticales en el diagrama, mientras que las líneas horizontales que se cruzan con las líneas verticales indican los materiales utilizados en el proceso, tanto aquellos comprados como los elaborados internamente. Las partes entran en una línea vertical para su ensamblaje o salen de ella para su desensamblaje. Los materiales que se desensamblan o se extraen se representan mediante líneas horizontales de materiales que se dibujan a la derecha de la línea vertical, mientras que los materiales que se ensamblan se muestran con líneas horizontales dibujadas a la izquierda de la línea vertical. Se evita que las líneas de flujo verticales y las líneas de materiales horizontales se crucen, a menos que sea estrictamente necesario, para esto, se usa la convención mostrando que no se está realizando una conexión, se representa como se muestra en la **¡Error!**

**No se encuentra el origen de la referencia.** dibujando un semicírculo en la línea horizontal justo en el punto donde se cruce con la línea vertical.

**Figura 1**

*Convenciones de diagrama de flujo*



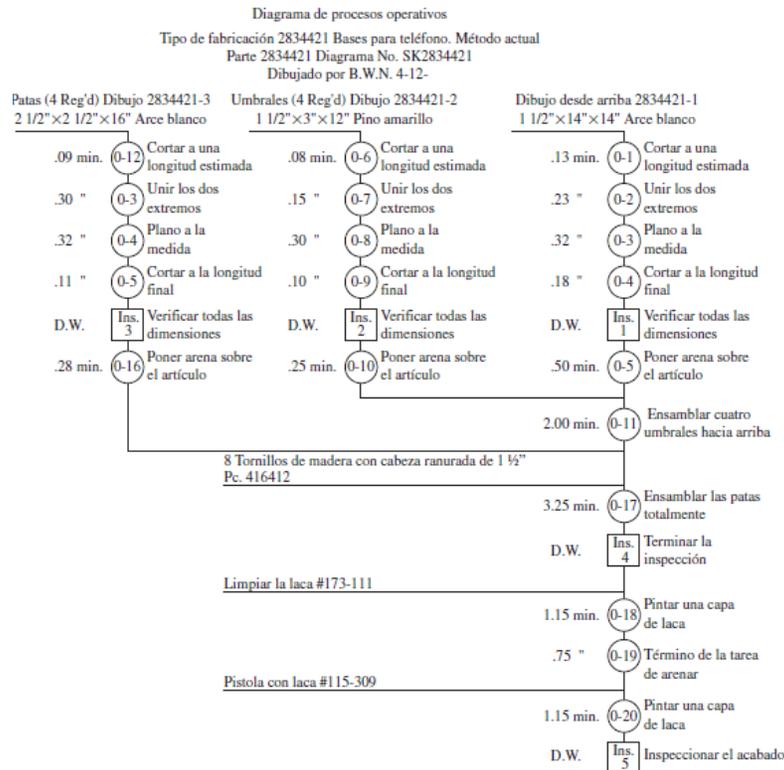
Nota: En el diagrama debemos considerar a las líneas verticales que indican el flujo general del proceso en que se realiza el trabajo, mientras que las líneas horizontales con las que conectan indican las entradas de los materiales o subensambles, ejemplo tomado del libro Métodos, Estándares y Diseño de Trabajo de B. Niebel (NIEBEL, 2009)

El tiempo requerido para cada operación o inspección lo debemos realizar en el campo, el momento que se está realizando la actividad, los tiempos de los puede asignar utilizando estimaciones o mediciones reales con los instrumentos adecuados, una forma que se puede considerar es realizando grabaciones de diferentes ángulos para poder tomar tiempos desde el video y evitar errores al momento de adquirir los datos. El ejemplo tomado del libro de (NIEBEL, 2009 pág. 27), el diagrama de proceso operativo completo que se muestra en la

ilustra la fabricación de bases para teléfonos y ayuda a los analistas a comprender y visualizar el método actual en detalle, lo que facilita la identificación de posibles mejoras y procedimientos más eficientes. Este diagrama también permite a los analistas evaluar cómo un cambio en una operación específica afectará a las operaciones anteriores y posteriores. En general, el uso de los principios del análisis de operaciones junto con el diagrama de procesos operativos puede resultar en una reducción del tiempo de hasta el 30%, ya que sugiere oportunidades de mejora. Además, dado que el diagrama muestra cada etapa en su secuencia cronológica apropiada. (SOLÍS)

**Figura 2**

**Diagrama de Proceso Operativo**



Nota: Ejemplo tomado de la fabricación de estaciones para teléfonos (NIEBEL, 2009)

**Diagrama de Flujo de Proceso**

El diagrama de flujo de procesos podemos denominarlo un diagrama universal, es una herramienta mejor detallada que el diagrama de proceso operativo, tiene un gran nivel en la aplicación de la industria, como mencionamos anteriormente es muy completo ya que los podemos utilizar tanto para medir a las actividades del operario, desempeño de la maquinaria o todo lo relacionado con lo que es el transporte y materiales a la vez que nos permite analizar los costos ocultos como por ejemplo las distancias recorridas, los retrasos y almacenamientos temporales. (NIEBEL, 2009)

Según los autores (NIEBEL, 2009) y (PALACIOS, 2016), por los tipos de registros que se llevan en estos diagramas se va a necesitar símbolos adicionales a una operación o una inspección; este diagrama se complementa con los símbolos de: Transporte que estará representado por una flecha pequeña que se define como el traslado de un objeto de un lugar a

otro con excepción de que el traslado forma parte de una operación o una inspección. Un triángulo equilátero con su vértice hacia abajo representa el almacenamiento de un objeto resguardado de un posible traslado sin autorización, para efectuar su movimiento será necesario una orden de salida del objeto. Una demora o retraso estará representada por una letra D mayúscula, la demora se presenta cuando no se permite que se efectúen las actividades normales de la siguiente acción planificada.

**Tabla 1**

*Diagrama de flujo con símbolo ASME*

DIAGRAMA DE FLUJO CON SÍMBOLO ASME		
SÍMBOLO	ACCIÓN	RESULTADO
	Operación	Produce o termina
	Transporte	Movimiento
	Inspección	Verifica
	Espera	Interfiere
	Almacenamiento	Conserva

Nota: Este cuadro basa la información o simbología para el diseño de diagramas que describen un proceso, (PLATAS García, y otros, 2014)

En ocasiones es necesario el uso o la implementación de otros símbolos no considerados en la , pueden ser usados en procesos de ámbitos administrativos, los detallamos en la siguiente tabla:

**Tabla 2**

*Símbolos no estándares en el diagrama de procesos*

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Se generó un registro.
	Se tomó una decisión.
	Se agregó información a un registro.
	Se llevó a cabo una inspección en conjunto con una operación.
	Una operación y un transporte se llevaron de manera simultánea.

Nota: Son símbolos adicionales que pueden estar en consideración del autor en caso de encontrar en su proceso operaciones combinadas, (NIEBEL, 2009)

El diagrama debe estar dispuesto de tal manera que, en el estudio, el analista pueda identificar y encerrar el símbolo correspondiente al tipo de evento que se esté desarrollando en el proceso e indicar los tiempos asignados para el proceso o los retrasos, se debe también colocar las distancias de los transportes; seguido a esto se debe conectar los símbolos de cada evento con una línea vertical. Se debe considerar un espacio importante en una columna del lado derecho donde se pueda emitir los comentarios o recomendaciones que se hayan identificado durante el estudio de la actividad.

En el estudio y desarrollo del diagrama se debe incluir los tiempos y retrasos en los almacenamientos, de esta manera se puede identificar en qué parte del proceso se está incrementando los costos por almacenamiento o donde se tiene demoras en las entregas a los clientes, sean estos internos o externos; por esta razón es importante detallar el tiempo que se necesita en cada al retraso por almacenamiento.

“Se verifica un número de veces, se registra el tiempo consumido y luego se promedian los resultados, y así, los analistas pueden obtener valores de tiempo suficientemente precisos”. El objetivo del uso de esta herramienta es conocer todos los transportes, retrasos y almacenamiento, al obtener esta información se puede plantear procedimientos con los que se eliminen o se reduzca costos imperceptibles en los procesos. Debido a que se tiene un registro de las distancias en este diagrama, esta herramienta está catalogada como una herramienta fundamental para mejorar el diseño de una planta. (NIEBEL, 2009)

Entre otros beneficios que podemos detallar es el estudio de procesos con el fin de alcanzar mejoras con eficiencia, son un ayuda para determinar lo innecesario o procesos ineficientes Cuando se tiene una información depurada se puede llegar a la estandarización de proceso y documentar la información del proceso con el fin de lograr la mejora deseada.

Es importante mencionar que en la actualidad se cuenta con software amigables con los que se puede desarrollar los diagramas, es importante ya que se puede tener una mejor documentación, fácil manejo de edición en caso de que se requiera. Es importante trabajar en el proceso contando con la información suministrada por las personas dueñas del proceso ya que si conocimiento y experiencia pueden aportar información valiosa para el diagrama. (DAVENPORT, 1990)

**Figura 3**

*Diagrama de flujo*

Página 1 de 1

Ubicación: Dorben Ad Agency		Resumen			
Actividad: Preparación de anuncios por correo directo		Evento	Presente	Propuesto	Ahorros
Fecha 1-26-98		Operación	4		
Operador: J.S.      Analista: A. F.		Transporte	4		
Encierre en un círculo el método y tipo apropiados		Retrasos	4		
Método: (Presente) Propuesto		Inspección	0		
Tipo: (Trabajador) Material Máquina		Almacenamiento	2		
Comentarios:		Tiempo (min)			
		Distancia (pies)	340		
		Costo			
Descripción de los eventos	Símbolo	Tiempo (en minutos)	Distancia (en pies)	Recomendaciones al método	
Cuarto con la existencia de materiales	○ ○ D □ ●				
Hacia el cuarto de recopilación	○ ● D □ ▽		100		
Ordenar los estantes por tipo	○ ○ ● □ ▽				
Ordenar cuatro hojas	● ○ D □ ▽				
Apilar	○ ○ ● □ ▽				
Hacia el cuarto de doblado	○ ● D □ ▽		20		
Empujar, doblar, rayar	● ○ D □ ▽				
Apilar	○ ○ ● □ ▽				
Colocar la engrapadora	○ ● D □ ▽		20		
Poner la grapa	● ○ D □ ▽				
Apilar	○ ○ ● □ ▽				
Hacia el cuarto del correo	○ ● D □ ▽		200		
Colocar la dirección	● ○ D □ ▽				
A la bolsa del correo	○ ○ D □ ▽				
	○ ○ D □ ▽				
	○ ○ D □ ▽				
	○ ○ D □ ▽				
	○ ○ D □ ▽				
	○ ○ D □ ▽				

Nota: Ejemplo de un diagrama de flujo de proceso tomado del libro Métodos, Estándares y Diseño de Trabajo de B. Niebel, (NIEBEL, 2009)

## METODOLOGÍA SLP (SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING) PLANEACIÓN SISTEMÁTICA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.

### *Distribución de Planta*

Según el autor (PLATAS García, y otros, 2014) “La técnica de ingeniería industrial que estudia la colocación física ordenada de los medios industriales, como el movimiento de materiales, equipo, trabajadores, espacio requerido para el movimiento de materiales y su almacenamiento, además del espacio necesario para la mano de obra indirecta y todas las actividades o servicios, así como el equipo de trabajo y el personal de taller”.

El desarrollo de un sistema de producción disponible para la producción de una cantidad de deseada de productos con calidad a costos bajos, considerando los espacios físicos, equipos, mano de obra, movimientos, almacenamientos, actividades y servicios; esto como el principal objetivo de la distribución de planta. (NIEBEL, 2009)

### ***SLP***

La metodología de la *Planeación Sistemática de Distribuciones SLP* ingresa en el concepto de la Distribución de Planta, se habla del replanteamiento de una disposición existente, una nueva propuesta de distribución o lo que sería el trabajo de hacer una implementación desde el inicio de las actividades en una industria.

Tenemos dos clases de intereses dentro de la distribución:

1. Interés Económico. - Su interés está centrado en la optimización y costos de la industria basado en la eficiencia de la producción, reducir costos, satisfacer al cliente a través del servicio.
2. Interés Social. – Involucra dar bienestar al trabajador con el clima laboral relacionado a la seguridad, también está relacionado con la satisfacción del cliente.

(PLATAS García, y otros, 2014)

### **Principios básicos de la Distribución de Planta**

En la distribución de plantas hay factores que con el tiempo se consideran para una mejor distribución apoyados en el compromiso de obtener beneficios y considerar las limitaciones según la importancia en los procesos.

A continuación, se presenta los principios que se deben considerar al momento de la planificación según lo expresa (PLATAS García, y otros, 2014):

- Integración de todos los factores que afecten la distribución.
- Utilización eficiente de la maquinaria, de la gente y de la planta.
- Expansión. Facilidad de expansión.
- Flexibilidad. Facilidad de reacomodo.
- Versatilidad. Facilidad de adaptación a los cambios de producto, de diseño, de requisito de ventas y a las mejoras de los procesos.
- Uniformidad. Una división clara y uniforme de las áreas, en especial cuando están separadas por muros, pisos, pasillos principales y similares.

- Cercanía. La distancia práctica mínima para trasladar los materiales, los servicios de apoyo y la gente.
- Orden. La secuencia necesaria para que el flujo de material sea lógico y las áreas de trabajo estén limpias; que cuenten con el equipo adecuado para el desecho, la basura y los desperdicios.
- Comodidad para todos los empleados, tanto en las operaciones diarias como en las periódicas.
- Satisfacción y seguridad para todos los empleados.

### **Tipos de distribución por aplicación:**

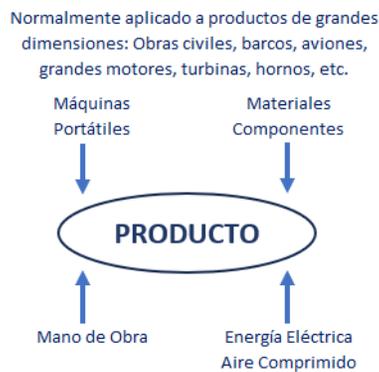
Según los autores (PALACIOS, 2016) y (PLATAS García, y otros, 2014), se identifican tres formas básicas de distribución en planta y para la elección del tipo de distribución, termina siendo determinante la forma de la organización del proceso productivo:

I. Distribución **por posición física del material** corresponde a las configuraciones por proyecto y se usa cuando:

- Las operaciones de formación o tratamiento del material solo necesiten de herramientas manuales o de máquinas sencillas.
- Solo se fabrique una pieza, o unas cuantas piezas, de un artículo.
- El costo de trasladar la pieza principal de material sea alto.
- Se necesite un alto nivel de trabajo diestro o se desee asignar la responsabilidad de la calidad del producto a un solo trabajador.

### **Figura 4**

#### *Distribución por posición fija*



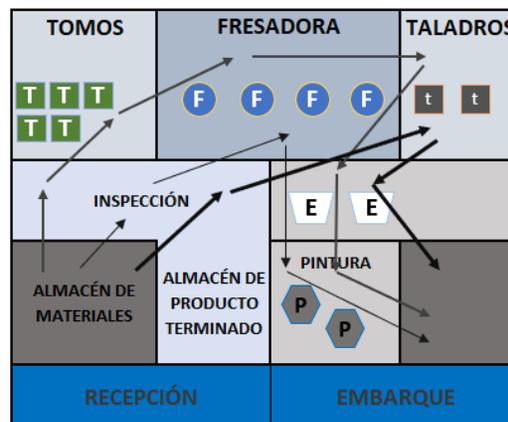
Nota: Nos muestra los elementos o recursos que se deben destinar al lugar de operación cuando se relaciona a proyectos productos grandes, (PALACIOS, 2016).

II. Distribución por **proceso** o **función** está asociado a las configuraciones por lote y se usa cuando:

- La maquinaria sea muy costosa o no se pueda trasladar con facilidad.
- Se fabrique una variedad de productos.
- Haya grandes variaciones en los tiempos necesarios para las diferentes operaciones.
- La demanda de un producto sea baja o intermitente.

**Figura 5**

*Distribución en planta por proceso*



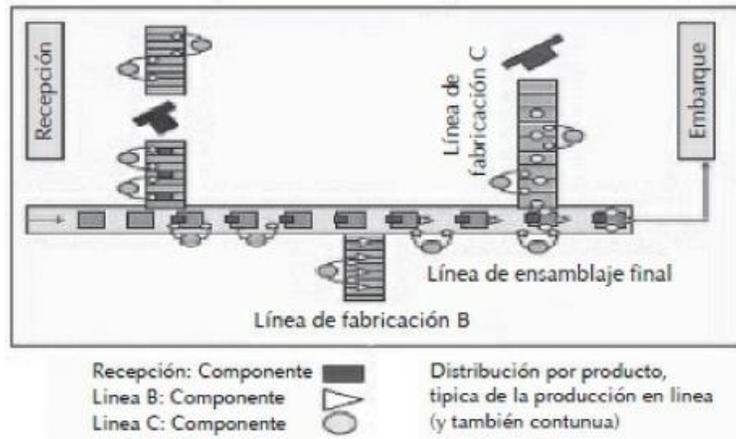
Nota: Es el tipo de distribución destinada al proceso, la gráfica muestra que el proceso no se interrumpe si tuviéramos algún daño de máquina ya que el proceso continúa con máquinas similares. (PALACIOS, 2016)

III. Distribución **por producto** o **producción en línea** está asociado a la configuración continua o repetitiva, se usa cuando:

- Se deba fabricar una gran cantidad de piezas o productos.
- El diseño del producto esté más o menos estandarizado.
- La demanda del producto sea razonablemente estable.
- Se pueda mantener sin dificultad el equilibrio de las operaciones y la continuidad del flujo del material.

**Figura 6**

*Distribución por producto, línea o cadena*



Nota: Distribución considerada cuando se tiene producción de productos con estándares, no tiene modificaciones considerables en el proceso. (PALACIOS, 2016)

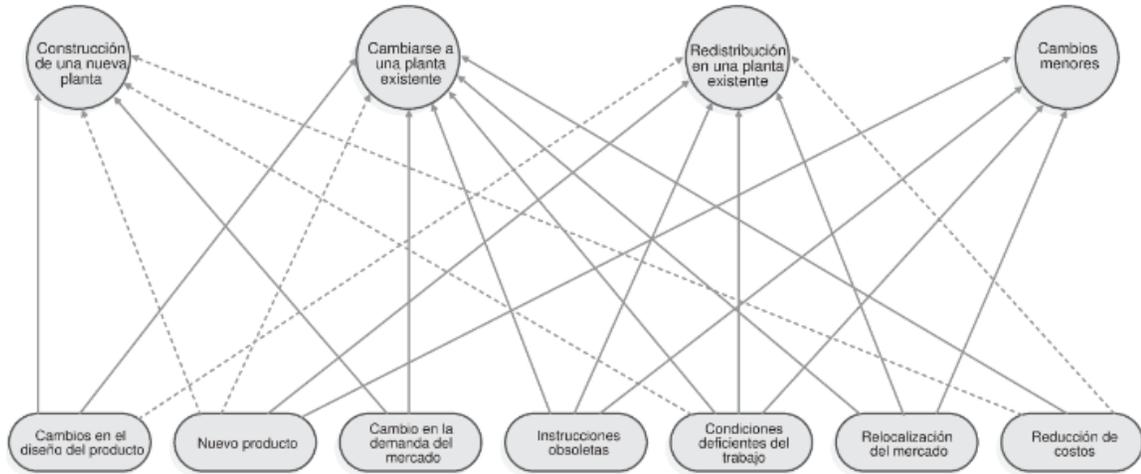
### **Factores que afectan a la Distribución en Planta**

Son cuatro los factores que afectan a una distribución de planta:

1. **Inicio del proyecto en una planta nueva.** Como su nombre lo dice, se tiene un reto de implementar cada estación desde la instalación y los medios de producción para trabajar en un conjunto integrado.
2. **Traslado o expansión de una planta existente.** Los límites del ingeniero en el estudio se dan ya que se trata de tener una planta con cada departamento dispuesto en un determinado lugar.
3. **Reordenar una planta existente.** Es similar al factor anterior donde la forma y particularidad del edificio los limitan al estudio.
4. **Ajustes pequeños en plantas existentes.** Depende de la variación de las condiciones de una operación, como muestra la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** (PLATAS García, y otros, 2014)

## Figura 7

### Factores que afectan a la distribución de planta



Nota: Figura tomada del libro Planeación, diseño y Layout de instalaciones, (PLATAS García, y otros, 2014 pág. 101)

## Sistema Layout Planning

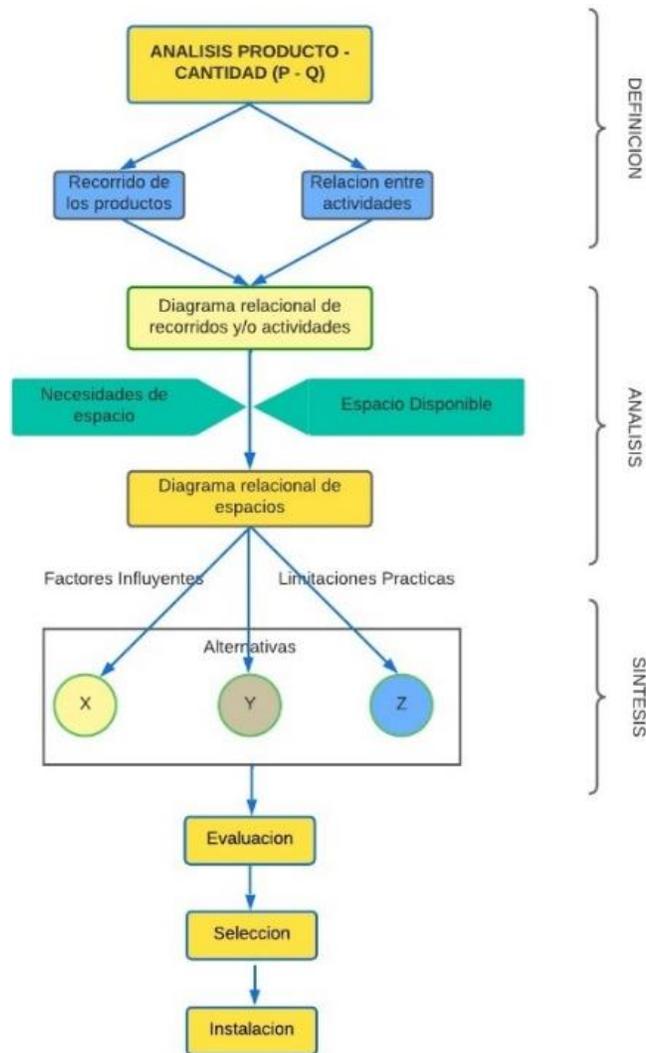
Para poder aplicarla en proyectos de redistribución de planta, comprende de tres partes como se observa en ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..

El SLP recopila información a través de un proceso de cuatro pasos basado en información sobre el problema que se aborda. Además, relaciones entre diferentes departamentos considera cinco tipos de datos requerido como entrada del método:

- Producto (P): materiales (materias primas, piezas compradas a terceros, trabajos en curso, productos terminados, etc.).
- Cantidad (Q): Definida como la cantidad de un producto o material Durante la manipulación, conversión, transporte, montaje o uso durante el proceso.
- Ruta (R): entendida como ruta y orden qué debe hacer el producto.
- Servicio(S): servicios de apoyo a la producción, servicios, personal, etc.
- Tiempo (T): utilizado como unidad de medida para determinar cantidades de productos o materiales por las que se miden generalmente en unidades de masa o volumen por unidad de tiempo.

**Figura 8**

*Esquema Systematic Layout Planning*



Nota: Gráfico referencial tomado del sitio web Distribución de Plantas de la autora (CASTANEDA, 2018), diseñado por el autor.

### **Análisis**

Comprende el producto (P) y la cantidad (Q). Iniciamos analizando el flujo del producto mediante herramientas como el diagrama de flujo de proceso, analizar las diferentes etapas sobre la que se va a ir formando el producto completo. Al analizar la cantidad, siempre se da prioridad al departamento que abarque mayor cantidad de volumen por sobre el nivel de importancia que tenga cada departamento, esto a razón de los movimientos que esto va a implicar. Una vez analizado estas dos partes (producto y cantidad), se debe realizar un diagrama relacional de

recorridos, en ellos concentraremos el aspecto de seguridad en los recorridos, quiere decir, reducir los recorridos que influyen distancias largas, departamentos que pueden tener restricciones, recorridos muy repetitivos e innecesarios o interferir en los procesos; al descartar los recorridos se puede recaer en aspectos relevantes de seguridad.

Los espacios y los departamentos deben ser definidos previo al análisis, para saber con el espacio que se cuenta y relacionar con las necesidades que determine una exigencia y así funcionar adecuadamente.

**Síntesis**

En la síntesis se debe realizar diagramas de relaciones para determinar la cercanía que se debe tener entre departamentos, para llegar a esto se debe analizar qué factores influyen para que tengan las cercanías, por ejemplo, la cantidad de información que comparten o la facilidad de supervisión requerida.

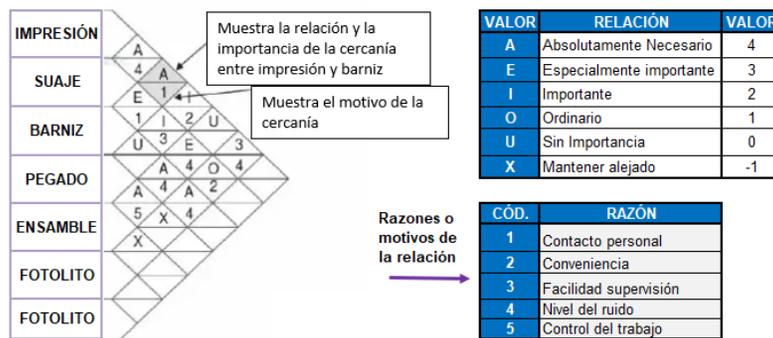
**Evaluación**

Una vez realizados los aspectos anteriores se va a generar varias alternativas y sobre ellas se debe evaluar y seleccionar a mejor opción para la implementación.

**Diagrama de relaciones**

**Figura 9**

*Diagrama de relaciones*



Nota: El diagrama es un grafo en el que las actividades son presentadas por nodos unidos por líneas. Las líneas expresan la existencia de algún tipo de relación entre las actividades unidas. La intensidad de la relación quedara reflejada mediante números junto a las líneas. (PLATAS García, y otros, 2014).

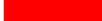
En esta etapa se inicia con la definición de los departamentos que se van a aplicar, luego se establece la relación de las diferentes áreas, a este método se lo conoce como el diamante de relaciones por la forma que adopta; también se la conoce como tala relacional o matriz de

relaciones. Para el desarrollo de esta metodología es importante conocer los códigos de relaciones por la cual se maneja, lo observamos en la *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..* Esta codificación comprende desde lo más importante representado la letra (A) hasta la letra (x) que comprende una relación indeseable.

El autor (NIEBEL, 2009) describe la tabla valores de relación SLP, “El analista comienza con las relaciones absolutamente importantes (A), utilizando cuatro líneas cortas paralelas para conectar las dos áreas. Luego, el analista procede con las E, utilizando tres líneas paralelas aproximadamente del doble de longitud que las líneas A. El analista continúa este procedimiento con las I, O, etc., aumentando de manera progresiva la longitud de las líneas, a la vez que intenta evitar que las líneas se crucen o se enreden. En el caso de relaciones indeseables, las dos áreas se colocan lo más alejadamente posible y se dibuja una línea serpenteante (que representa un resorte) entre ellas”.

**Tabla 3**

*Valores de relación SLP*

VALOR	RELACIÓN	VALOR	LÍNEAS DE DIAGRAMA	COLOR
A	Absolutamente Necesario	4		
E	Especialmente importante	3		
I	Importante	2		
O	Ordinario	1		
U	Sin Importancia	0		
X	No deseable	-1		

Nota: Diseñado por el autor, basado en el libro Métodos, Estándares y Diseño de Trabajo de B. Niebel.

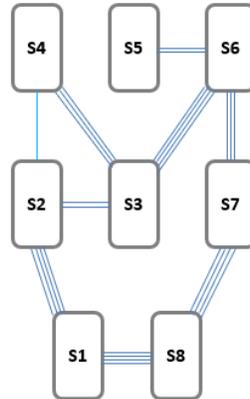
(NIEBEL, 2009).

**Diagrama de hilos y de colores**

Es una representación de datos gráficos que se lo dibuja solo con símbolos sin importar el espacio; estas relaciones se las dibuja según la convención del número de líneas conforme lo establece el método SLP que se muestra en la *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..*

**Figura 10**

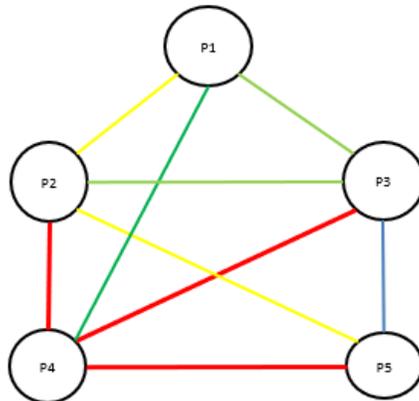
*Diagrama de hilos*



Nota: Ejemplo de un diagrama de relación con códigos de líneas.

**Figura 11**

*Diagrama de colores*



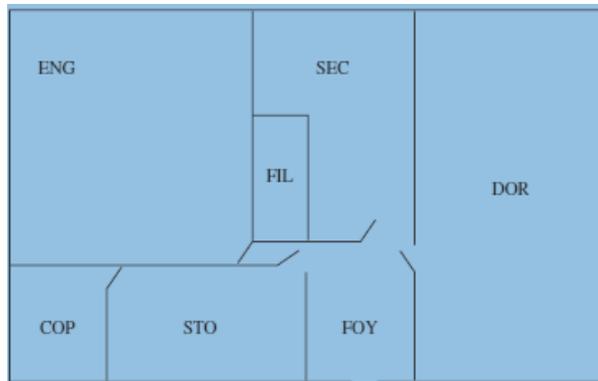
Nota: Ejemplo del diagrama de hilos por colores.

**Diagrama de distribución**

Para terminar la metodología, se diseña una representación espacial escalando las áreas en términos de un tamaño relativo, al obtener la satisfacción de la distribución se compactan las áreas en un plano.

**Figura 12**

*Diagrama de distribución*



Nota: Describe los departamentos, distancias y la relación necesaria con diferentes estaciones de trabajo.

### **CAD – CAM**

Las tecnologías CAD – CAM básicamente son tecnologías asistidas por una computadora que permite comprender el concepto de CAD – CAM.

**CAD.** - Es el diseño asistido por computadoras más conocido por sus siglas en inglés CAD (Computer Aided Desing). Es una herramienta utilizada básicamente en programas 2D y de modelado 3D. Las herramientas de dibujo 2D se basan en entidades geométricas vectoriales con las que se puede operar a través de una interfaz gráfica. Los modeladores en 3D añaden superficies y sólidos.

Su importancia se basa en incrementar la productividad del diseñador, mejora la documentación y calidad del diseño y puede crear base de la manufactura. Los programas que los distingue son: CAD DENTAL – AUTOCAD – ARCHICAD.

**CAM.** - Fabricación asistida por computadora también conocida por sus siglas en inglés CAM (Computer Aided Manufacturing). Una de las ventajas es que es un puente entre el Diseño asistido por computadora CAD y el lenguaje de programación de las máquinas, esta combinación permite la transferencia de información desde la etapa de diseño hasta la etapa de fabricación de un producto; esta herramienta aplica el uso de calendarización, administración y control de la calidad.

Los softwares que se caracterizan son: BOBCAT LATHE - MASTERCAM - SURFCAM – SOFTWARE CAM.

La base de estas herramientas se presenta como módulos o extensiones de las aplicaciones CAD o diseño asistido. (BLANCO Fernandez, 2002)

### ***SOFTWARE INVENTOR***

Es una herramienta que se la utiliza para la creación, modificación, análisis u optimización de un diseño; este programa permite aumentar la productividad y la precisión de un diseñador, mejorar la calidad del diseño, mejorar las comunicaciones a través de la generación de documentación y crear una base de datos para fabricación. La salida de información puede ser, tanto en planos (digitales o físicos en papel), como en archivos electrónicos permitiendo así el mecanizado, operaciones de fabricación o la impresión 3D evitando la intervención del plano en algunos casos; se puede considerar al CAD como una técnica de dibujo.

Autodesk Inventor es un programa de computación tipo CAD (Diseño Asistido por Computador) que se utiliza en la industria para diseño de estructuras mecánicas, hoy en día abarca hasta en estudios médicos. Está basado en diseños paramétricos y permite realizar modelos de piezas y mecanismos en 2D y 3D, simular movimiento y dibujar planos con gran facilidad. (TERÁN Calle, 2010)

### **Ventajas del diseño asistido por computador**

Entre las ventajas de trabajar con los diseños de computador es que con el tiempo nos ayudan a reducir tiempos y costos entre otras que se detallan a continuación:

- Crear piezas con geometrías adaptativas que con el tiempo pueden ser modificadas.
- Simular los mecanismos que pueden ser observados desde diferentes ángulos y verificar posibles interferencias.
- Realizar análisis de esfuerzos a piezas geométricas de manera rápida los cual permite encontrar fallas del diseño con gran facilidad.
- Reduce el tiempo de respuesta al presentar una propuesta de diseño.
- Hacer planos con precisión y de forma rápida dependiendo de los requerimientos del dibujo. (TERÁN Calle, 2010)

## **Metodología del diagnóstico**

En este apartado se describe el método que se va a emplear con el objetivo de conseguir los resultados planteados anteriormente, se pretende realizar el cambio de una estación de trabajo a fin de mejorar el apilamiento de plataformas y mejorar la distribución de carga laboral.

Para cumplir con los objetivos planteados es necesario conocer los procesos, obtener información de las actividades desarrolladas, conocer los tiempos de trabajo en el proceso, plantear la propuesta de mejora; trabajaremos en la aplicación de la metodología de Planeación Sistemática de Distribución de Muther (SLP), se trata de un método amplio donde incluye el estudio y desarrollo de Diagramas de Operaciones, Diagramas de flujo de proceso, estudio de tiempos y diagramas de distribución. Los cambios propuestos y su proceso de mejora serán evaluados con los resultados obtenidos a través de los diagramas mencionados anteriormente.

Se planteará la propuesta de una nueva distribución de planta, básicamente modificando la estación donde se colocan los postes que se utilizan para apilar las plataformas de manera lateral. Planteamos presentar un nuevo diseño de estructuras que servirán de soporte para el almacenamiento de los postes mencionados, habiendo realizado un análisis para aprovechar todos los recursos partiendo desde el espacio disponible dentro de las cámaras de fraguado y centrándonos en el operador brindando la facilidad de operación en los procesos de transporte y almacenamiento de plataformas.

Realizaremos un cuadro comparativo con los diagramas de proceso diseñados para este estudio, se evaluará mediante layout la propuesta de redistribución de planta en el proceso de apilamiento de plataformas en el proceso de fraguado del producto.

Finalizaremos proponiendo una estructura con herramientas de dibujo técnico industrial, ya que la empresa cuenta con licencia de Inventor trabajaremos con este software para el diseño de la estructura. Contamos con los planos de los postes que actualmente se utiliza para apilar plataformas y nos servirá para relacionar las medidas de las estructuras a proponer.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS

En este apartado describiremos los puntos que llevaron a realizar la investigación y llevar a cabo este proyecto de mejora; detallaremos las actividades de cada proceso que involucra este estudio, cómo llegamos a realizar un estudio de tiempos con uso de herramientas de SLP y la propuesta de un diseño innovador para cambiar la distribución en planta.

Iniciamos detallando que el estudio nace analizando el proceso de desmoldeo de producto en una máquina semiautomática donde se identificó diferentes riesgos por realizar una actividad que bien se la puede desenvolver en otro puesto de trabajo y con diferente operador sin necesidad de afectar al proceso ni sobrecargar de trabajo.

#### *Detalle de operación en desmoldeo*

En la máquina desmoldeadora que es manipulada por dos operadores, se cumple con la función de separar las placas fraguadas de los moldes para el proceso mediante ventosas que trabajan por proceso de succión con vacío, los montacarguistas abastecen a la máquina de plataformas listas para desmolde, estas plataformas llevan en sí cuatro postes desmontables dispuestos en puntos fijos para poder apilar las plataformas de manera lateral en las cámaras de fraguado como indica la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Uno de los dos operadores de la desmoldeadora es quien retira los postes de las plataformas como indica la misma **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** para llevarlos hacia la estación de almacenamiento de postes mientras el otro operador continúa con el proceso de desmoldeo apilando el producto de los dos lados, esta última actividad descrita implica que el operador se exponga a riesgos de golpes o atrapamientos por ingresar a la máquina mientras está en movimiento figura **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Cabe destacar que en operaciones similares como en el pórtico de ondulación que maneja el sistema similar de ventosas, succión y traslado, ya hemos tenido accidentes de atrapamientos, golpes o incidentes como daños de equipos de protección debido a los golpes sufridos a los operadores al haberse metido dentro de estos procesos mientras la máquina está en movimiento.

Esta operación se la ha realizado por muchos años y no se ha identificado este riesgo, algo que también puede suceder es que las ventosas pierdan el vacío por fugas del mismo o por falla eléctricas, la placa podría soltarse causando así golpes a los operarios del puesto.

**Figura 13**

*Operación adicional en desmolde de producto*



Nota: La imagen muestra como el operador retira postes de plataformas durante el proceso de desmoldeo.

**Figura 14**

*Operación con riesgo mecánico*



Nota: Observamos como el operador ingresa a apilar las placas mientras el otro operario retira los postes de la plataforma de la otra mesa.

En el proyecto proponemos que las plataformas para desmolde lleguen a la desmoldeadora sin los postes, para que esto suceda hicimos un análisis empírico de cómo se lo puede realizar y en principio vemos que la persona ideal para realizar esta actividad puede ser el montacarguista porque hemos observado tiempos muertos que pueden ser aprovechados, también se observa que hay una estación de trabajo donde se puede mejorar mediante la distribución de

planta y así evitar un recorrido innecesario y optimizar aún más el tiempo de desempeño del montacarguista, para que esto suceda debemos entregar al montacarguista los recursos necesarios como son herramientas y equipos acordes al proceso que se adapten a la ergonomía y condiciones seguras al desempeñar cada actividad.

**Figura 15**

*Estación actual de almacenamiento y colocación de postes*



Nota: En esta estación se sitúan los montacargas con las plataformas para colocar los postes, estación a eliminar.

**Figura 16**

*Almacenamiento y colocación de postes*



Nota: En la figura observamos la estación donde se coloca los postes y el transporte con el montacargas hacia las cámaras de fraguado desde un ángulo abierto con vista panorámica.

A partir de este análisis empírico se hace necesario demostrar al operador de montacargas que dispone del tiempo necesario para que él pueda hacer llegar las plataformas sin los postes a la desmoldeadora y empezamos a realizar la toma de tiempos mediante **diagramas de operaciones de procesos** y **diagramas de flujo de proceso** donde se destacan las operaciones,

los tiempos, las inspecciones, las demoras y los almacenamientos que él realiza durante los recorridos que cumple con el montacargas en el proceso de abastecimiento de plataformas a las desmoldeadoras y pórticos para la producción en línea.

***Detalle de operación y recorrido del montacarguista.***

El operador de montacargas debe cumplir con la actividad de abastecer el pórtico ondulado que es donde inicia su operación. Cambia las plataformas para producción que salen del proceso cada 9 minutos en promedio, estas plataformas salen en una disposición de 33 láminas y 34 moldes alternando de tal manera que vaya una lámina y un molde, a estas plataformas las conocemos como “coches” en el proceso de producción; cada vez que sale un coche de producción el montacarguista debe retirarlos del pórtico y colocar una plataforma vacía para un nuevo coche de producción, luego transporta el coche a una zona delimitada (almacén de postes) para colocar 4 postes en los coches y luego transportarlos hacia la cámara de fraguado donde serán almacenados de forma lateral para que el producto cumpla con el proceso de fraguado por un lapso no menor a 6 horas. La zona de almacenamiento de postes donde se colocan estos postes en las plataformas vemos que se puede mejorar; creemos que esa estación se la puede eliminar y disponer en otro lugar que pueden ser dentro de las mismas cámaras de fraguado, es aquí donde necesitamos e insertamos el estudio y uso de la metodología **SLP** para desarrollar una nueva **distribución de planta** y demostrar los beneficios de la propuesta de una nueva distribución.

***Figura 17***

***Propuesta de una nueva disposición para postes***



Nota: Marcamos los puntos donde proponemos colocar las estructuras de soporte para almacenar los postes.

Como mencionamos anteriormente, para lograr la satisfacción del operador es necesario brindar los recursos necesarios, al eliminar una estación de trabajo que creemos innecesaria, estamos eliminando un tiempo que se lo puede invertir en el nuevo proceso. Con la nueva disposición en planta, el lugar donde se pretende establecer las estaciones para colocar los postes, serán las cámaras de fraguado y para esto debemos tener el lugar con estructuras apropiadas para dar facilidad de trabajo a los operarios; para poder hacer una propuesta de diseño la planteamos en un boceto y luego procedimos a diseñar con la ayuda de herramientas **CAD – CAM**, en nuestro caso lo realizamos con el software **INVENTOR**.

Presentamos nuestro diseño. La estructura va a estar anclada a la pared con una capacidad para 6 postes en cada lado en la fila que necesita el operador tomando en cuenta la disposición de las plataformas que ingresa a cámara para el proceso de fraguado, optimizando espacio en las cámaras y con la facilidad de colocarlos y retirarlos conforme su necesidad.

***Figura 18***

*Estructura propuesta para almacenar los postes.*



Nota: Presentamos un bosquejo de lo deseado con la propuesta. Elaborado por el autor del proyecto.

En resumen, en base a este estudio y el análisis de las herramientas que queremos implementar en el proceso vemos que podemos mejorar la disposición de plantas para así poder

reducir tiempo y emplearlo en procesos que serán más útiles para los operarios queriendo reducir un riesgo relevante de accidentabilidad que estamos teniendo en el proceso de desmoldeo del producto; como hemos mencionado anteriormente, es necesarios brindarle al operador las herramientas necesarias con espacios y equipos que se adapten a sus operaciones y bienestar buscando la estabilidad manteniendo un buen clima laboral. En los operadores de la desmoldeadora podemos ver expresada su tranquilidad al eliminar un proceso que no lo deberían tener dentro de sus funciones y sobre todo trabajar con seguridad.

### **LIMITACIONES DEL CASO DE ESTUDIO**

Al iniciar este proyecto y al manifestar la propuesta a los operadores de los montacargas tuvimos la negativa por su parte debido a que creían que será un trabajo extra para ellos y aducen que no tendrán tiempo para efectuar esta tarea, nos encontramos con la falta de predisposición y apoyo para la recolección de datos (algo común en estos casos) pero que se lo puede hacer llevadero al tomarlos en cuenta durante el proceso de estudio y a la vez involucrarlos y tomando sus observaciones como apoyo y oportunidades de mejorar procesos a base de su experiencia.

La propuesta gustó al gerente de producción, al inicio tuvimos la apertura en todo aspecto, pero por temas de costos tuvimos que frenar la implementación ya que para hacer efectivo no solo debíamos considerar el costo que representaba el material y mano de obra para la implementación de la estructura nueva, sino que también debemos considerar el mejorar la iluminación dentro de las cámaras de fraguado para el tránsito de los operarios al momento de retirar o colocar los postes.

No disponemos de un estudio previo con el que podamos tener una guía y no se cuenta con un historial de los cambios que se han generado previamente en estos procesos detallando el porqué de los cambios o el por qué la decisión de generar una estación que podría ser omitida con un estudio como el que estamos realizando.

### **CONSIDERACIONES AMBIENTALES**

Al eliminar la estación donde se colocaban los postes, reducimos el transporte innecesario hacia esta estación y así podemos decir que también se reducen las emisiones de gas que contaminan el ambiente dentro de la nave principal de producción.

El almacenamiento de estos postes en el lugar donde está establecido actualmente, ha sufrido alrededor de tres reparaciones puesto que con el peso de los postes y la forma en como se

los ha tratado en el proceso de colocar y retirar de las plataformas, ha ocasionado daños en el piso de la estación de actividades; la misma estructura para el almacenamiento de postes ha tenido que ser modificada por el peso de los postes (exceso de elementos), los desperdicios generados al realizar estas modificaciones causan contaminación ambiental por el desecho que se debe realizar de los escombros y lo que conlleva este proceso. Con la inserción del nuevo diseño propuesto en este proyecto corregiremos el aspecto de daño de los pisos, y estructuras metálicas, el diseño propuesto está para instalar las estructuras con un nivel sobre el piso ancladas a la pared y destacamos que va a soportar el peso distribuido, contribuirá en el tiempo de vida útil de las estructuras.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### ***Conclusiones***

- Un diagrama de operaciones es caracterizado por revisar las operaciones e inspecciones de un proceso, el haber utilizado este diagrama en este proyecto nos sirvió de gran ayuda principalmente para obtener los tiempos de los procesos siendo así la herramienta del punto de partida de nuestro proyecto.
- Al lograr insertar la propuesta de mejora en distribución de planta por el método SLP, logramos tener una optimización de tiempo superior al 25% que es un valor aceptable y que puede avalar los costos que se requieren para lograr la instalación de las estructuras y readecuación de las cámaras de fraguado.
- Las aplicaciones del CAD/CAM en la industria han venido creciendo como ayuda para la mejora de procesos permitiendo el desarrollo de competencias adicionales como herramienta de modelación tridimensional para generar planos de fabricación o ensamble. Hemos podido proponer un diseño apto con el que se puede cumplir con la expectativa de tener una mejor distribución de postes de apilamiento en las cámaras de fraguado.

### ***Recomendaciones***

- Para tener éxito al generar un diagrama de procesos es necesario determinar el proceso de estudio ordenando las actividades conociendo el inicio y el final del proceso. En nuestro estudio es recomendable disponer o generar un procedimiento donde podamos

tener una mejor facilidad para determinar los procesos e inspecciones incluidas en las actividades estudiadas. Se puede tener un plan de mejora en otros puestos de trabajo.

- Se recomienda contar con un plan de distribución de planta adecuado en cada proceso que determine una actividad de relevancia, identificar que procesos pueden afectar a la industria partiendo desde los espacios disponibles y llegando hasta los planes de seguridad industrial. El no contar con un plan de distribución adecuado se tendrá procesos con procedimientos que no pueden estar acordes a lo que requiere un plan de seguridad o incluso se puede tener demoras que terminan afectando a la eficiencia en el flujo de materiales.
- Es recomendable también incluir en la empresa un departamento que pueda ayudar en procesos de mejora continua, revisando cada proceso donde se puede eliminar desperdicios, como en este estudio pudimos encontrar recorridos innecesarios, tiempos que pueden ser optimizados, brindar seguridad de los operarios en cada función desempeñada. Se puede partir con el estudio de herramientas de mejora continua.
- Actualizar y difundir el manual de este proceso con los cambios a realizar para que los operarios tengan el conocimiento de cómo realizar la actividad, por qué la van a realizar de la manera que expresa y en qué se basan los cambios; siempre incluir en estos procesos a los operadores ya que de su experiencia también podemos sacar procesos que quizá estemos omitiendo en los estudios de campo.

## CAPÍTULO IV

### PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN

#### **Metodología**

Este proyecto nace luego de haber realizado un análisis de riesgo de atrapamientos y golpes que podrían darse en la desmoldeadora por realizar una actividad que detectamos podría ser realizada en otro puesto de trabajo por otro operador y en condiciones más seguras. Deseamos que el montacarguista sea la persona que realice esta operación, para esto debemos brindarle de recursos, entre ellos el tiempo sin tener sobrecargos de trabajo.

Realizamos un análisis y control de todas las actividades que realiza el montacarguista, una vez obtenida esta información procedemos a obtener los tiempos que el operador requiere para desenvolverse en sus actividades. Durante el estudio de tiempos, identificamos un movimiento o transporte que genera retrasos para realizar el cambio de plataformas vacías en los pórticos onduladores, pero le es necesario realizar esta actividad y este transporte al operador ya que necesita colocar los postes en las plataformas para poder almacenar las plataformas de manera lateral en las cámaras de fraguado. Realizamos un análisis que esta estación puede ser redistribuida en otro sector donde se pueda obviar este tiempo que se pierde al transportar las plataformas y hacer la actividad más segura y eficiente. Para lograr la disposición de planta trabajamos con la metodología SLP con la cual logramos obtener los tiempos versus las distancias y recorridos mientras se realiza la actividad.

Las cámaras de fraguado cuentan con espacio suficiente para almacenar los postes y con una mejor distribución, pero no cuenta con las estructuras adecuadas y seguras para poder almacenar; esto nos trajo a la idea de un nuevo diseño que lo podemos realizar con herramientas tecnológicas a base computadoras, la empresa cuenta con un analista de proyectos con quien podemos trabajar en el desarrollo de un diseño de plataformas para poder almacenar los postes en mención.

Trabajamos investigando y desarrollando diagramas con los cuales podemos realizar la toma de tiempos que ayuden con la metodología deseada para este proyecto, realizamos el análisis actual del proceso y también desarrollamos los diagramas con el análisis de la propuesta para posterior resaltar los resultados obtenidos y determinar si es factible el cambio, en donde vamos a tener mejoras y las dimensiones de cambio en el proceso.

### ***Desarrollo de la propuesta***

Una vez realizado el estudio del caso, obteniendo los datos necesarios como las operaciones, tiempos, inspecciones, demoras, almacenamiento y recorridos del proceso, para partir con nuestro proyecto utilizamos los diagramas de operaciones de proceso y diagramas de flujo del proceso, nos planteamos trabajar incluyendo la metodología SLP para lograr una mejor distribución de planta y así tener mejoras en el procedimiento de la actividad descrita en este proyecto. En los diagramas que presentaremos a continuación detallaremos como está diseñado el proceso actual para posterior revisar los diagramas con los cambios realizados una vez que planteamos la propuesta y se pudo realizar una simulación en el proceso para determinar así es conveniente para el proceso y para los operadores ejercer estos cambios.

### **Desarrollo de diagrama de operaciones**

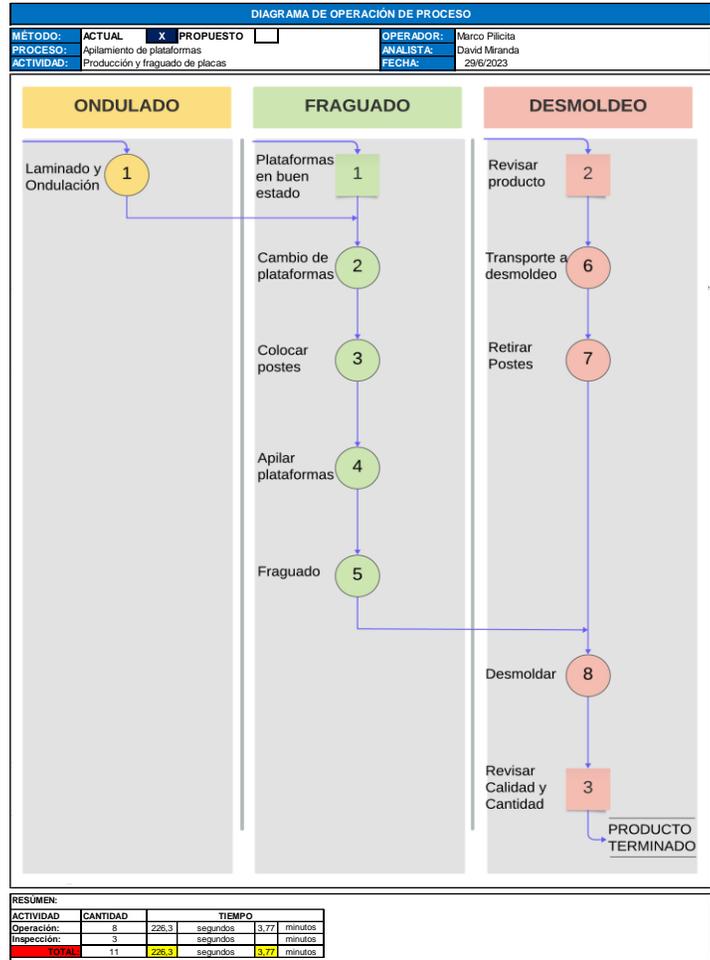
Presentamos el Diagramas de Operaciones de Proceso en el cual describimos las actividades básicas como procesos e inspecciones en la misma que se reportan tiempos que se toman en cada operación.

En la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. representamos el estado actual de proceso donde observamos 8 operaciones y 3 inspecciones, detallamos el tiempo y la distancia recorrida por parte del operador en el montacargas para realizar estas actividades.

Para realizar estos estudios y toma de tiempos decidimos realizarlos mediante videos, los tomamos de diferentes ángulos para posterior con el uso de cronómetros tomamos los tiempos de cada actividad que se desarrolla en el proceso de traslado de plataformas desde el pórtico ondulator hasta las cámaras de fraguado. Contamos con la predisposición del operario para poder desarrollar estas actividades.

**Figura 19**

*Diagrama de Operación de Proceso Actual*

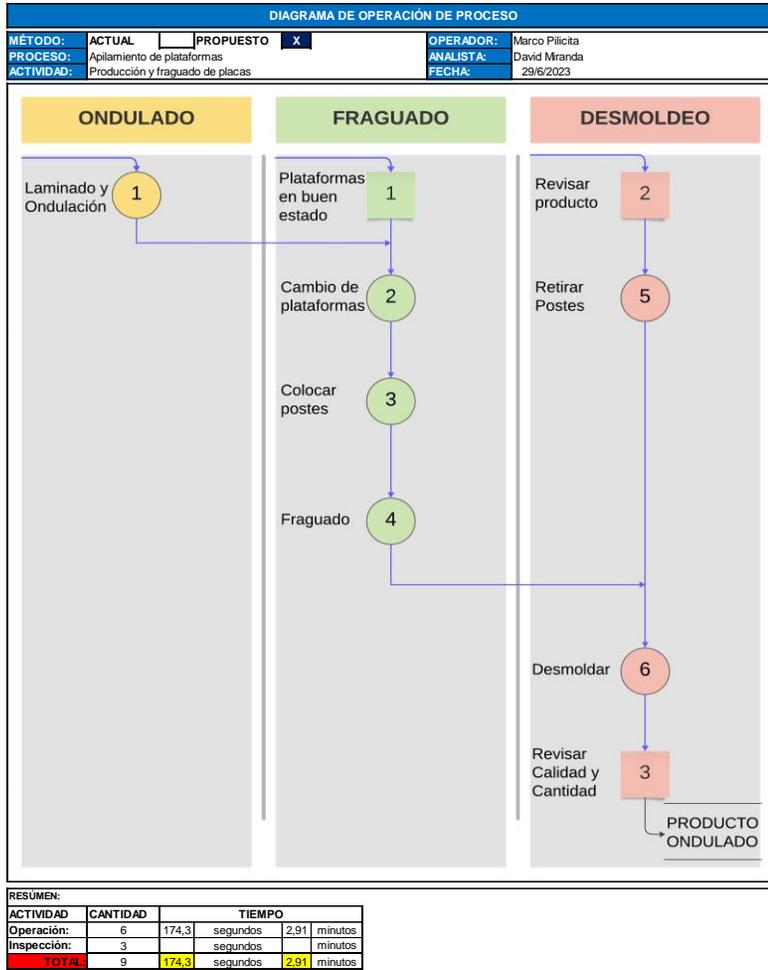


Nota: En el diagrama, presentamos los resultados de las operaciones desarrolladas actualmente. Diagrama desarrollado por el autor.

En el diagrama de la

**Figura 20**

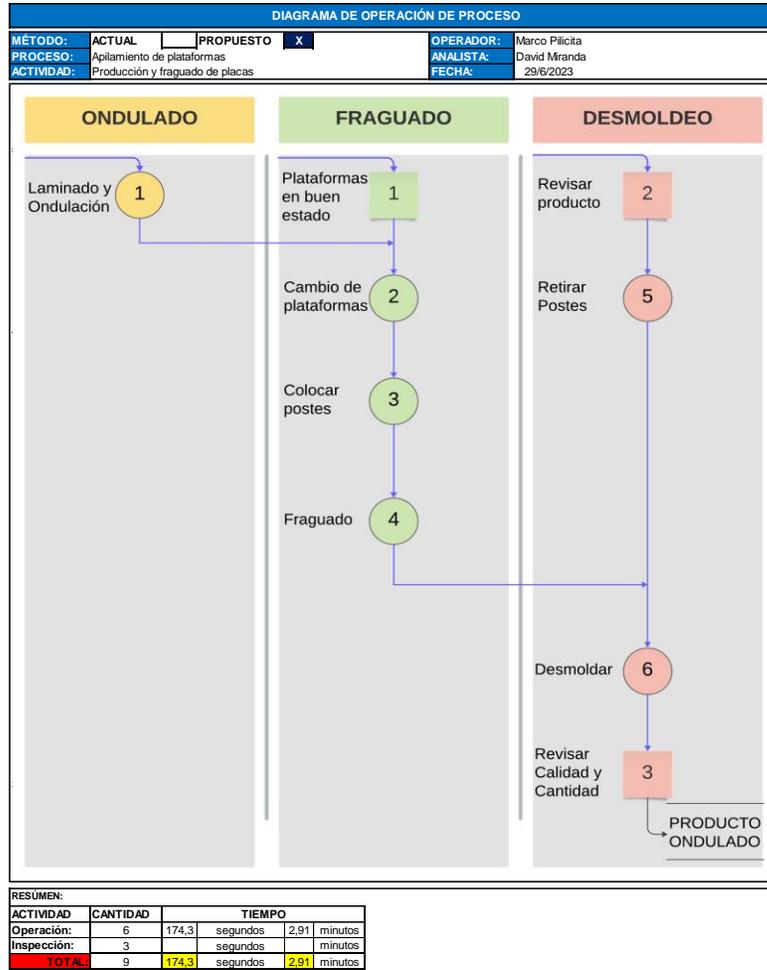
**Diagrama de operación Propuesta de mejora**



Nota: , donde exponemos los datos obtenidos con el cambio realizado de la estación para almacenar de los postes, podemos ver que elimina una estación de trabajos (almacenamiento y colocación de postes en las plataformas), la cual ahora estará distribuidas en las cámaras de fraguado según las plataformas colocadas. Excluimos un recorrido innecesario, las plataformas serán transportadas directamente a las cámaras de fraguado donde se les colocará los postes para ser apiladas, logramos así optimizar el tiempo de trabajo del montacarguista y que ese tiempo lo utilice realizando una actividad que la ejecutaban los operadores de la desmoldeadora exponiéndose a incidentes por las condiciones en como tenían que realizar esta actividad.

**Figura 20**

*Diagrama de operación Propuesta de mejora*



Nota: En la imagen se describe las operaciones a desarrollar luego de insertar la propuesta de mejora.

Diagrama desarrollado por el autor.

### Desarrollo de un cursograma analítico de operaciones

Mediante el desarrollo de un cursograma analítico de operaciones también podemos demostrar que con la propuesta lograremos la optimización de tiempos y reduciremos el recorrido del montacargas al eliminar la estación de almacenamiento y colocación de postes en las plataformas. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** del cursograma en el estado actual de trabajo, se detalla un tiempo de casi 4,5 minutos que necesita el montacarguista para realizar toda la actividad recorriendo una distancia de 361 metros.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** del diagrama (cursograma) analítico del proceso con nuestra propuesta observaremos como se logra optimizar los tiempos

de trabajo (3,8 minutos) y se disminuye la distancia recorrida del montacargas (294 metros) para realizar la misma función de transporte y apilamiento de plataformas en las cámaras de fraguado, pero con una nueva disposición para almacenar y colocar los postes en el proceso de fraguado; disminuimos dos estaciones de trabajo.

**Figura 21**

*Cursograma Analítico de Operaciones, estado actual*

ETERNIT ECUATORIANA S.A										
CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO										
PROCESO:	Apilamiento de plataformas, fraguado y desmoldeo de producto	Operar. <input checked="" type="checkbox"/>	Mater. <input type="checkbox"/>	Maqui. <input type="checkbox"/>						
RESUMEN										
FECHA:	29/6/2023	SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.				
ESTUDIO INICIA:	29-jun	○	Operación	5						
MÉTODO:	Actual: <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto: <input type="checkbox"/>	⇒	Transporte	3						
OPERADOR:	Marco Pilicita	□	Inspección	1						
ELABORADO POR:	David Miranda	D	Espera	1						
APROBADO POR:	Fredy Gualotuña	▽	Almacenaje	0						
RESULTADOS				Total de Actividades realizadas	10					
				Distancia total en metros	361					
				Tiempo min/hombre	5					
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS					
					○	⇒	□	D	▽	
1	Cambio de plataforma del pórtico ondulator	1	6,0	48,0	●					
2	Transportar la plataforma a la estación de postes	1	125,0	36,5		●				
3	Colocar los postes en plataforma	4	3,0	23,5	●					
4	Transportar la plataforma a la cámara de fraguado	1	120,0	22,3		●				
5	Fraguado de producto	0	0,0						●	
6	Verificar condiciones de producto fraguado	1	0,0	43,6					●	
7	Transporte de plataforma a desmoldeadora	1	100,0	57,0		●				
8	Retirar postes de plataforma	4	4,0	29,6	●					
9	Almacenar postes en estación de postes	4	3,0	11,9	●					
10	Desmoldeo de producto	1	0,0		●					
11										
12										
13										
Tiempo Minutos: <b>4,5</b>		m	<b>361,0</b>	<b>272,4</b>	s					

Observaciones:

Nota: Desarrollamos el cursograma con la información tomada del proceso actual, diagrama elaborado por el autor.

**Figura 22**

*Cursograma Analítico de Operaciones, Propuesta*

ETERNIT ECUATORIANA S.A										
CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO										
<b>PROCESO:</b>	Apilamiento de plataformas, fraguado y desmoldeo de producto	Operar. <input checked="" type="checkbox"/>	Mater. <input type="checkbox"/>	Equipo <input type="checkbox"/>						
<b>RESUMEN</b>										
<b>FECHA:</b>	18/8/2023	<b>SÍMBOLO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>ACTUAL</b>	<b>ROPUEST</b>	<b>Econ.</b>				
<b>ESTUDIO FINAL:</b>	1-sep	○	Operación	5	4	-20%				
<b>MÉTODO:</b>	Actual: <input type="checkbox"/> Propuesto: <input checked="" type="checkbox"/>	⇒	Transporte	3	2	-33%				
<b>OPERADOR:</b>	Marco Pilicita	□	Inspección	1	1	0%				
<b>ELABORADO POR:</b>	David Miranda	D	Espera	1	1	0%				
<b>APROBADO POR:</b>	Fredy Gualotuña	▽	Almacenaje	0	0	0%				
<b>RESULTADOS</b>				<b>Total de Actividades realizadas</b>	10	8	-20%			
				<b>Distancia total en metros</b>	361	294	-19%			
				<b>Tiempo min/hombre</b>	5	4	-17%			
<b>NUMERO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Distancia metros</b>	<b>Tiempo Segundos</b>	<b>SÍMBOLOS</b>					
					○	⇒	□	D	▽	
1	Cambio de plataforma del pórtico ondulator	1	6,0	48,0	●					
2	Transportar la plataforma a la cámara de fraguado	1	180,0	31,3		●				
3	Colocar postes en plataformas dentro de cámaras	4	4,0	23,9	●					
4	Fraguado de producto	0	0,0						●	
5	Verificar condiciones de producto fraguado	1	0,0	43,6					●	
6	Retirar los postes en cámaras de fraguado	4	4,0	23,7	●					
7	Transporte de plataforma a desmoldeadora	4	100,0	54,9		●				
8	Desmoldeo de producto	1	0,0		●					
9										
10										
11										
12										
Tiempo Minutos: <b>3,8</b>		m	<b>294,0</b>	<b>225,5</b>	s					
Observaciones:										

**Nota:** En el diagrama exponemos los resultados obtenidos en una simulación desarrollada en planta de cómo sería el proceso implementando la propuesta, diagrama elaborado por el autor.

### Aplicación de metodología SLP

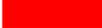
En este estudio también realizamos una redistribución de la disposición en planta mediante la metodología SLP que consta de cuatro diagramas, podemos hacer un cuadro

comparativo donde se evidencia un menor recorrido por la relación entre las áreas considerando factores como procesos, frecuencia de trabajo, transporte, cargas y seguridad laboral.

Para lograr desarrollar de los diagramas, realizamos la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** la cual nos servirá de guía en cada uno de los diagramas con los que vamos a desenvolvemos.

**Tabla 4**

*Códigos de relación*

VALOR	RELACIÓN	VALOR	LÍNEAS DE DIAGRAMA	COLOR
A	Absolutamente Necesario	4		
E	Especialmente importante	3		
I	Importante	2		
O	Ordinario	1		
U	Sin importancia	0		
X	No deseable	-1		

**Nota:** En la tabla encontramos los diferentes códigos para realizar los diagramas de relación, diagrama de hilos y color. Elaborada por el autor basada en los estudios de SLP.

En nuestro diagrama de relaciones vemos la importancia que actualmente tiene el pódico desmoldeador con la estación de almacenamiento de los postes, esto debido a que en el proceso previo al desmoldeo se requiere retirar los postes, por esta razón se tiene esta estación cerca de la desmoldeadora.

**Figura 23**

*Diagrama de Relaciones actual proceso apilamiento plataformas en fraguado.*



Nota: Presentamos los resultados del diagrama de relaciones del proceso actual, tabla de resumen de relaciones, tabla de códigos de relación y la razón de por la que se relacionan. Elaborado por el autor.

En nuestra propuesta deseamos integrar el almacenamiento de los postes dentro de las cámaras de fraguado logrando así eliminar esta estación de trabajo para evitar que los postes lleguen a las desmoldeadoras en las plataformas, en su lugar vamos a hacer que los montacarguistas retiren los postes al momento que retiran las plataformas (coches) de las cámaras para llevar a las desmoldeadoras. Es por esto que en el diagrama que presentamos en la   
 ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se refleja una alta importancia entre la cámara de fraguado con almacenamiento de postes y ya disminuye la relación entre el pórtico desmoldeador con el área de almacenamiento de postes.

**Figura 24**

*Diagrama de Relaciones, proceso apilamiento de plataformas para fraguado con propuesta de mejora*



Nota: En este gráfico exponemos los resultados obtenidos con los datos recogidos simulando en campo la propuesta, presentamos también adjunto la tabla de resumen de relación, tabla de códigos de relación y tabla de razones de relación. Elaborado por el autor.

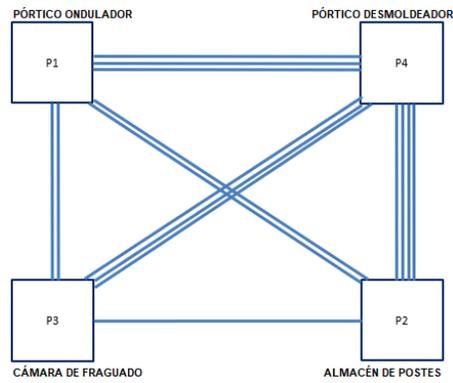
En el siguiente diagrama, graficamos el resumen de la relación entre departamentos con los códigos relacionados a la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Marcamos la diferencia en el enlace de relación entre departamentos, pero lo que resalta es la eliminación de una estación de trabajo que, según el criterio para nuestra propuesta, beneficia a la empresa como tal y a los operadores de la desmoldeadora; de igual manera a los operadores de montacargas no les será carga ya que tendrán los recursos necesarios y el tiempo demostrado para realizar esta actividad.

Tenemos el mismo criterio para detallar las gráficas de los diagramas de hilos expuestos más abajo en las

y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

**Figura 25**

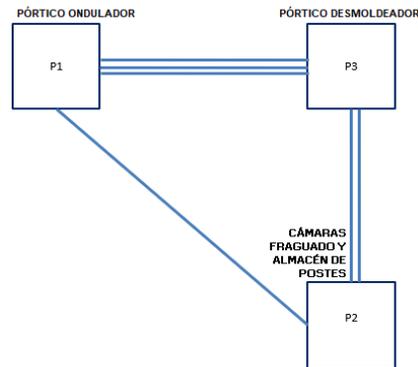
*Diagrama de relaciones y proximidad, estado actual*



Nota: Notamos la importancia de tener el almacenamiento de postes junto a la desmoldeadora.

**Figura 26**

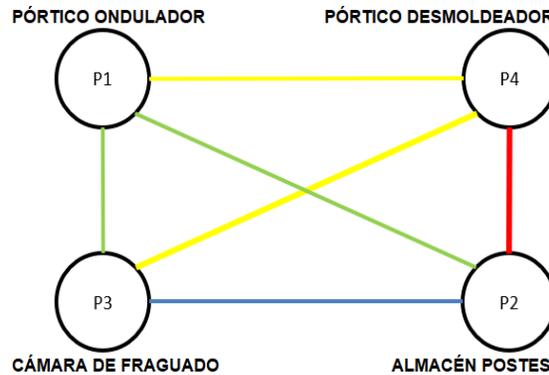
*Diagrama de referencias y proximidad con propuestas.*



Nota: Apreciamos en el espacio que se eliminó un área, puesto fusionamos el almacenamiento de postes en cámaras.

**Figura 27**

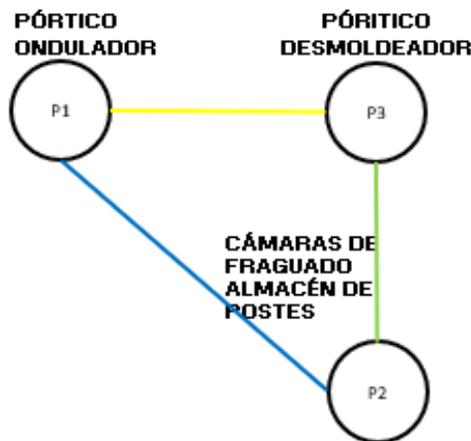
*Diagrama de hilos actual*



Nota: Importancia de relación, desmoldeadora con almacén de postes.

**Figura 28**

*Diagrama de hilos con propuesta*

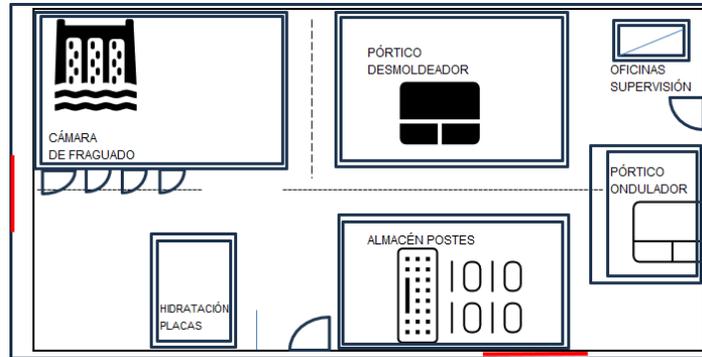


Nota: Combinamos el almacén de postes con las cámaras de fraguado.

Para finalizar el estudio mediante el SLP realizamos una propuesta con un diseño de alternativa al que disponemos los postes dentro de las cámaras de fraguado, haciendo una comparativa entre los dos diseños vemos que obtenemos más espacio como demostramos en la *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.* y *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..* Como hemos demostrado en los resultados de los diagramas anteriores, vamos a tener una optimización de tiempos y distancias recorridas por el montacargas, tenemos un área libre que podría ser considerado en algún proyecto futuro.

**Figura 29**

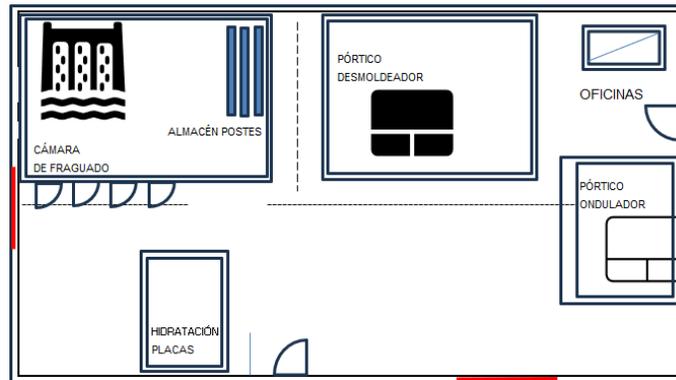
*Diagrama de distribución actual*



Nota: Resalta la estación donde actualmente se almacenan y se colocan los postes en las plataformas.

**Figura 30**

*Diagrama de distribución de propuesta*



Nota: En la figura se aprecia la combinación del almacenamiento de los tubos dentro de las cámaras de fraguado, eliminando ya la estación antes destinada para almacenar los postes.

## **PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA**

Por último, en nuestro proyecto para poder disponer de los postes dentro de las cámaras de fraguado debemos dar una estación o estructuras disponibles y aptas para el almacenamiento de estos; para esto, decidimos trabajar con la herramienta Inventor para realizar el diseño y la propuesta de una nueva estructura.

Primero nos basamos en las medidas del poste que utilizamos en el proceso de apilamiento de plataformas, esto para tomar referencia del ancho de la estructura y la altura a la

que éstas van a ser colocadas y brindar espacio y facilidad ergonómica al operario al momento de desenvolver sus actividades.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** mostramos lo deseado en nuestra propuesta.

***Figura 31***

*Estructuras de almacenamiento*



Nota: Imagen referencial de la estructura para el almacenamiento de los postes según las dimensiones de éstos. Desarrollado por el investigador.

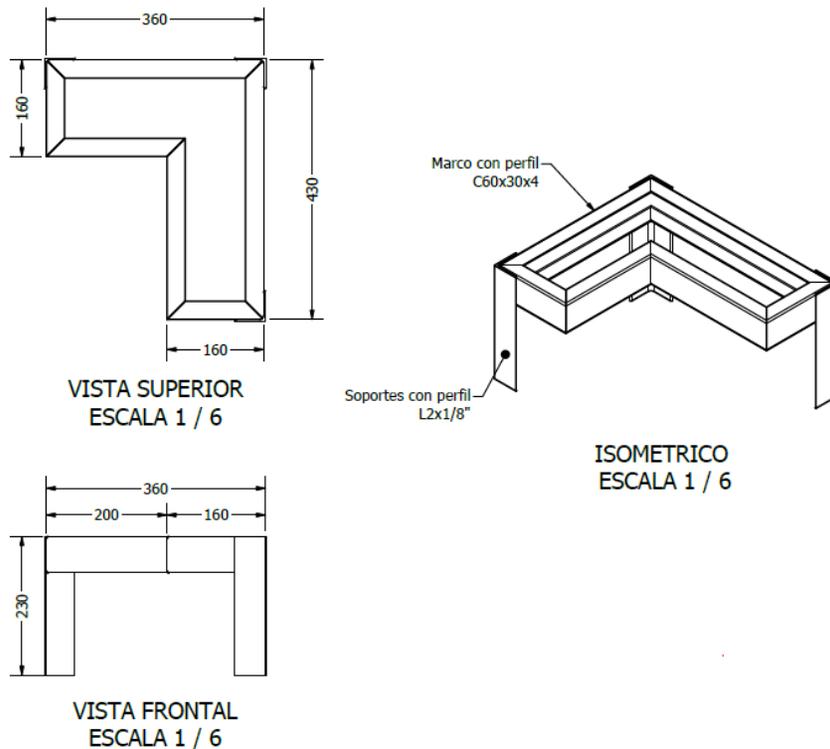
Cada estructura la diseñamos para que tenga una capacidad de almacenamiento para hasta 4 postes, tomando en cuenta que los postes tienen un diámetro de 13cm por lado, disponemos las medidas establecidas en el plano presentado. Las estructuras van a ser diseñadas en forma de “L” para tener un mejor soporte a los tubos; como los tubos tienen una longitud de 85cm, sugerimos anclar las estructuras a una altura de 95cm para una buena manipulación por parte de los operadores.

Teniendo el plano isométrico se aprecia la vista de la estructura completa y la forma de cómo va a ser anclada la estructura a la pared con un soporte de perfil angular de 2” con espesor

de 3mm. Desde la vista superior observamos las medidas, como mencionamos anteriormente están diseñadas de acuerdo con el diámetro de los postes y dispuestas para que entren 4 postes por estructura dejando una holgura considerando el espacio para que los postes puedan ser manipulados sin causar daños al personal que los manipula. En el plano considerado desde una vista frontal se aprecia las medidas sugeridas del largo de los perfiles angulares que serán de soporte para el anclaje de la estructura.

**Figura 32**

*Planos de propuesta de estructura para postes*



**Nota:** Planos elaborados por el autor mediante el uso de software inventor. Consideramos presentar los planos en tres vistas diferentes para mejorar la apreciación e idea de la propuesta considerando las medidas que se requieren.

Luego de elaborar los diagramas aquí planteados y adquirir datos reales del proceso en planta de cómo se desarrollan las actividades actualmente, trabajamos con los operadores indicando el proceso que se desea implementar, con su apoyo pudimos obtener los datos del nuevo procedimiento a implementar y poder demostrar en el presente proyecto que nuestra propuesta es una buena opción para reducir riesgos en el proceso de desmolde de producto, se

reduce la sobre carga que estaban teniendo los operadores de la desmoldeadora. Con la evaluación de tiempos y la eliminación de una estación innecesaria en el proceso que hacía que los montacarguistas transporten las plataformas con producto para fraguar, realizaban un recorrido más largo que se lo puede evitar al implementar en campo. Demostramos la optimización de tiempos y distancias recorridas en los montacargas logrando así implementar una actividad para los montacarguistas con mejor seguridad que es colocar y retirar los postes de las plataformas y almacenarlos dentro de las mismas cámaras que estarán adecuadas con estructuras apropiadas para el requerimiento. Podemos traducir los resultados a una reducción del tránsito de montacargas en un área reducida dentro de la nave principal de producción, eliminamos una actividad de carácter alto en riesgos de atrapamiento al ingresar los operarios en máquina que están en movimiento.

A continuación, presentamos un cuadro comparativo de la optimización de tiempos y distancias recorridas con el montacargas en el transcurso de una jornada de producción donde demostramos que, si es prudente considerar la propuesta aquí planteada, cabe recordar que los datos aquí expuestos son reales ya que pudimos realizar pruebas en el campo por varios días y se logró apreciar la mejora incluso por parte de los operarios de las desmoldeadoras y los operarios de los montacargas.

**Tabla 5**

*Tabla comparativa del estado actual y la propuesta*

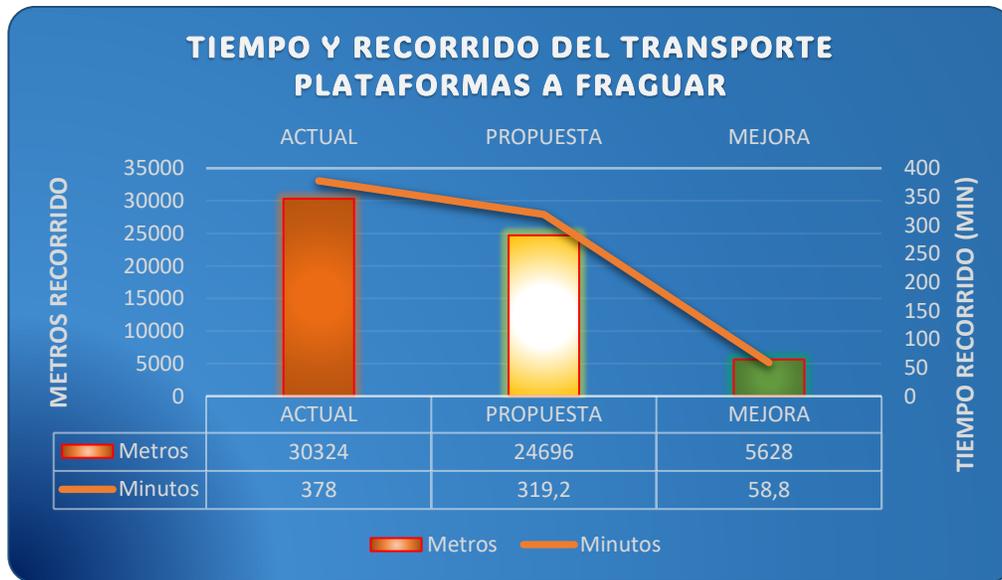
CUADRO COMPARATIVO								
TIEMPO Y RECORRIDO DE TRANSPORTE DE PLATAFORMAS A CÁMARAS DE FRAGUADO								
	CICLOS	RECORRIDO	ESTADO ACTUAL		PROPUESTA		AHORROS	
			VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD
	1	DISTANCIA RECORRIDA	361	Metros	294	Metros	67	Metros
		TIEMPO RECORRIDO	4,5	Minutos	3,8	Minutos	0,7	Minutos
1 HORA	7	DISTANCIA RECORRIDA	2527	Metros	2058	Metros	469	Metros
		TIEMPO RECORRIDO	31,5	Minutos	26,6	Minutos	4,9	Minutos
12 HORAS	84	DISTANCIA RECORRIDA	212268	Metros	172872	Metros	39396	Metros
		TIEMPO RECORRIDO	378	Minutos	319,2	Minutos	58,8	Minutos
24 HORAS	168	DISTANCIA RECORRIDA	424536	Metros	345744	Metros	78792	Metros
		TIEMPO RECORRIDO	756	Minutos	638,4	Minutos	117,6	Minutos
<b>CONSUMO DIESEL</b>		24 Horas	26	Galones	19	Galones	7	Galones
<b>COSTO \$ GALÓN DIESEL</b>		\$	2,88	\$ 74,88 Dólares	\$	54,72 Dólares	\$	20,16 Dólares

Nota: En la tabla detallamos el periodo en el que tomamos los tiempos de la actividad (recorrido de transporte de plataformas a las cámaras de fraguado) al cual los llamamos ciclo. En el lapso de una hora,

este ciclo se lo realiza en 7 ocasiones, a lo largo de una jornada se lo realiza en 84 ocasiones que es donde exponemos los datos marcados.

**Figura 33**

*Comparativo de optimización.*



Nota: Los datos expuestos en la métrica, expresa la mejora que se tiene al momento de aplicar la propuesta versus como es el proceso actualmente. La barra de color verde demuestra la optimización del recorrido en una jornada de doce horas (turno de producción) y la línea anaranjada demuestra la optimización del tiempo.

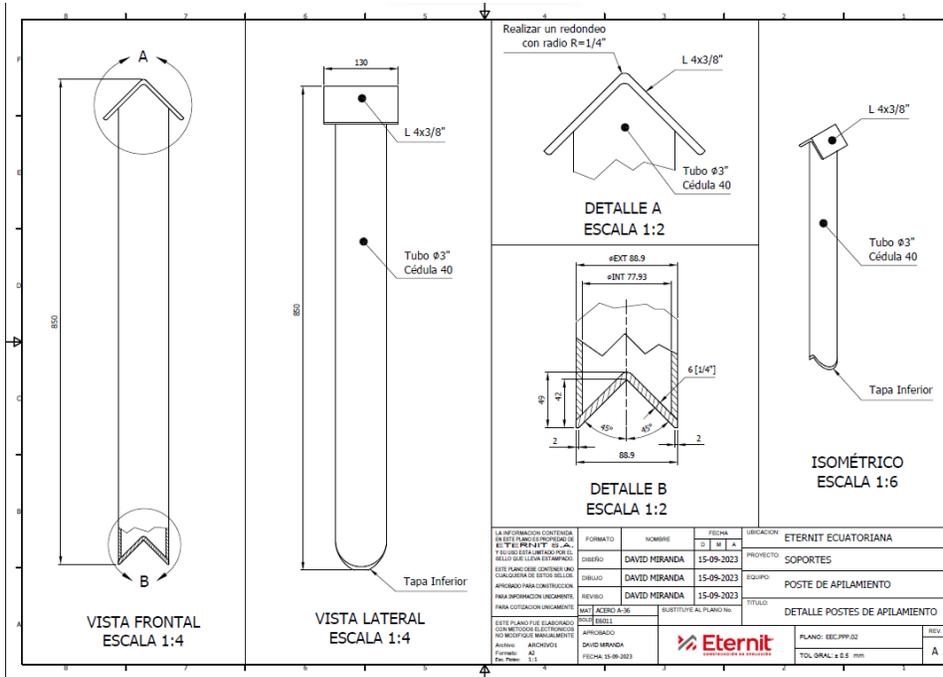
## BIBLIOGRAFÍA

- BACA Urbina, Gabriel. 2015.** *Introducción a la Ingeniería Industrial.* México : Grupo Editorial Patria, 2015. 9786074389197.
- BLANCO Fernadez, Julio. 2002.** *Cad - Cam. Gráficos, animación y simulación por computador.* Madrid : Ediciones Paraninfo, 2002. 8497320778.
- CASTANEDA, FLORA. 2018.** Distribución de Planta. *Distribución de Planta.* [En línea] WordPress, 30 de 10 de 2018. [Citado el: 03 de 09 de 2023.]  
<https://floracastanedaegoavil.wordpress.com/2018/10/30/systematic-layout-planning-slpde-muther/>.
- CUATRECASAS, Lluís. 2017.** *INGENIERÍA DE PROCESOS Y DE PLANTAS.* Barcelona : Profit, 2017. 978-84-16904-01-3.
- DAVENPORT, Thomas H. 1990.** *La nueva ingeniería industrial: Tecnologías de información y rediseño de procesos de negocio.* Massachusstts : Center for Information Systems Research, 1990. 02139-4307.
- FERRER, Juan. 2014.** *GESTIÓN DEL CAMBIO.* Madrid : LID EDITORIAL, 2014. 9788483569856.
- LEIDINGER, Otto. 1997.** *PROCESOS INDUSTRIALES.* Lima : Pontifica Uiversidad Ctóica del Perú, 1997. 9972-42-078-7.
- MORALES, Sisenando. 2018.** *DISEÑO DE PLANTAS INDUSTRIALES.* MADRID : UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA, 2018. 978-8436273564.

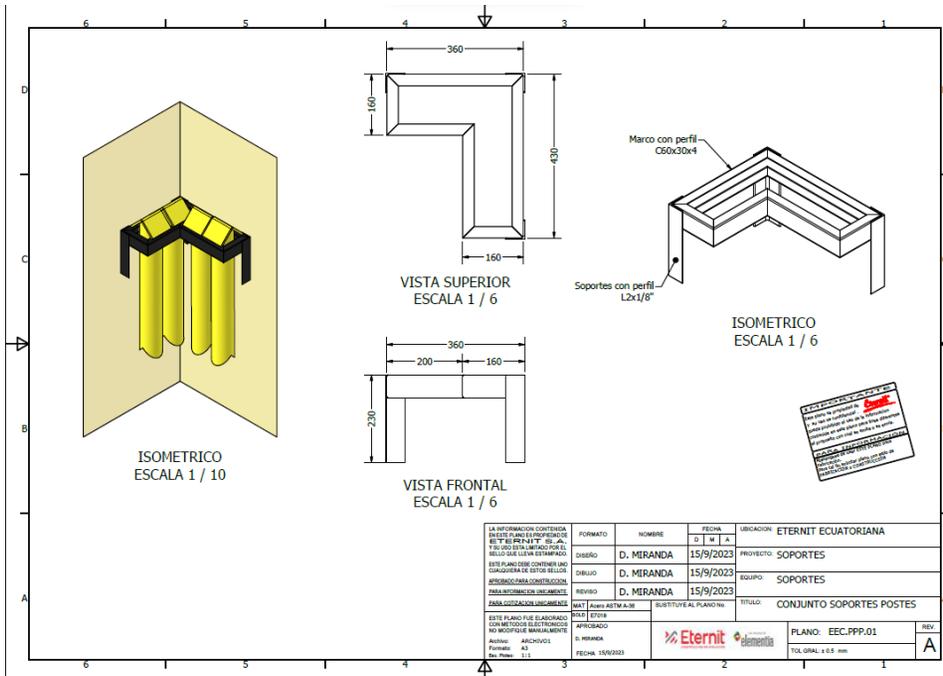
- NIEBEL, Benjamin W. 2009.** *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo.* Ciudad de México : The McGraw-Hil, 2009. 0073376310.
- PALACIOS, Luis Carlos. 2016.** *INGENIERÍA DE MÉTODOS: Tiempos y Movimientos.* Bogotá : Ecoe Ediciones, 2016. 9789587713435.
- PLATAS García, José Armando y CERVANTES Valencia, María Isabel. 2014.** *Planeación, diseño y Layout de instalaciones: Un enfoque por competencias.* México D.F. : Patria, 2014. 9786077440321.
- PULIDO, Humberto y DE LA VARA, Román. 2009.** *CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMA.* Mexico D.F. : Mc Graw Hill, 2009. 978-970-10-6912-7.
- S.A., ETERNIT ECUATORIANA. 2024.** ETERNIT. *ETERNIT.* [En línea] ETERNIT ECUADOR, 2024. <https://www.eternit.com.ec/web/eternit-ecuador/organizacion#valores>.
- SOLÍS, Florencio.** ESTUDIO DEL TRABAJO. *ESTUDIO DEL TRABAJO.* [En línea]
- TERÁN Calle, Efraín. 2010.** Diseño asistido por computador de un martillo excavador. *TESIS DE GRADO.* Guayaquil : Escuela Superior Politécnica del Ecuador, 2010.

# ANEXOS

## Planos de los postes de apilamiento. (S.A., 2024)



## Planos de las estructuras propuestas



**Postes de soporte para apilar las plataformas dispuesto en su posición.**



**Plataformas vacías, se apilan placas y moldes en el proceso**



**Plataformas con producto apiladas con una placa y un molde en cantidad de 33 unidades, en el proceso los conocemos como coches.**



**Montacargas utilizados en el proceso, TCM de 10Tn.**

