





UNIVERSIDAD CENTROCCIDENTAL  
"LISANDRO ALVARADO"  
DECANATO DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN



**INFORME DE PASANTIAS**  
**DISMINUCIÓN DE PARADAS Y TIEMPO DE PRODUCCIÓN EN EL ÁREA**  
**DE MPANEL**  
**EMPRESA: Industrias ISOLARA C.A**  
**DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO EN EL ÁREA DE INGENIERÍA**

**Autor:** Camacaro Marín Nelson Jose

**Cédula de Identidad:** 21.140.645

**Tutor Académico:** M.Sc. Ing. María Fernanda Zapata

**Tutor Empresarial:** Ing. Dalbert Noguera

**Carrera:** Ingeniería de producción

**Barquisimeto, Agosto 2014**



UNIVERSIDAD CENTROCCIDENTAL  
"LISANDRO ALVARADO"  
DECANATO DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN



**INFORME DE PASANTIAS**  
**DISMINUCIÓN DE PARADAS Y TIEMPO DE PRODUCCIÓN EN EL ÁREA**  
**DE MPANEL**

**EMPRESA: Industrias ISOLARA, C.A.**

**DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO EN EL ÁREA DE INGENIERÍA**

Informe presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero de  
Producción

**Autor:** Camacaro Marín Nelson José

**Cédula de Identidad:** 21.140.645

**Tutor Académico:** M.Sc. Ing. María Fernanda Zapata

**Tutor Empresarial:** Ing. Dalbert Noguera

**Carrera:** Ingeniería de producción

**Barquisimeto, Agosto 2014**

## **DEDICATORIA**

*El presente informe se lo dedico a Dios, nuestro Padre, Señor y creador por el cual sin Él nunca hubiese sido posible llegar hasta esta etapa de mi vida, porque fue su voluntad que así sucediera. Te doy gracias Señor porque quisiste que yo eligiera este camino, porque cada mañana me permitiste seguir adelante durante todo este recorrido de formación profesional, tu Señor me diste la fuerza para no decaer en los momentos difíciles y me demostraste tu amor una y otra vez a lo largo de mi carrera, tu Señor pusiste las personas correctas a mi alrededor para salir adelante, gracias por poner esa persona especial en mi vida para que fuera mi factor de motivación aquí en la tierra y me diera el impulso y las ganas de culminar con este camino que ahora me abrirá nuevas puertas para seguir creciendo como profesional y como individuo. A ti Señor ofrezco este logro y ofrezco mi profesionalismo e integridad para cumplir este servicio como Ingeniero de Producción de la manera más adecuada. Toda la Gloria para ti mi Dios que siempre Fuiste, eres y serás a quien debo todo, mis alegrías, mis aprendizajes y mis logros. Gloria a ti Señor Jesús, Gloria a ti mi Dios.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Primeramente a Dios por permitirme haber llegado a este punto de mi vida por darme la vida, la fuerza y la fe para lograr mis objetivos.*

*A mis padres por haberme traído a este mundo por criarme, educarme y haberme dado el apoyo y el impulso para seguir adelante con mis objetivos*

*A la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado por haberme dado los conocimientos necesarios y capacitarme para optar a este título profesional.*

*A la empresa Industrias Isolara C.A. por haberme brindado la oportunidad de realizar mis pasantías profesionales con ellos.*

*Al Ingeniero Dalbert Noguera por haber sido la persona que me brindo la oportunidad dentro de la empresa, por haber creído en mí para ejecutar proyectos en la misma, por haber sido mi tutor empresarial y brindarme su apoyo en todo momento.*

*A la profesora María Fernanda Zapata por brindarme sus asesorías, sus sugerencias en los proyectos asignados y su apoyo como tutor académico.*

*Al ingeniero Yohennis Garcia y al T.S.U. Jorge Graterol por brindarme su apoyo y conocimientos durante el periodo de pasantías.*

*Y a todas aquellas personas que de alguna manera hicieron que esto fuera posible.*

*A todos ustedes ¡GRACIAS!*

## ÍNDICE DE CUADROS

### Cuadro

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | Paradas por día según su causa .....                            | 22 |
| 2 | Paradas por día según el spider afectado .....                  | 23 |
| 3 | Índices de Producción de mallas .....                           | 25 |
| 4 | Paradas por día según su causa con las mejoras realizadas ..... | 33 |
| 5 | Nivel de producción de mallas con paradas irregulares.....      | 33 |
| 6 | Nivel de producción de mallas con paradas regulares .....       | 34 |
| 7 | Datos de apilamiento de mallas de forma manual .....            | 36 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

### Gráfico

|    |   |    |
|----|---|----|
| 1  | Organigrama de la empresa.....  | 3  |
| 2  | Línea de producción de mallas.....  | 11 |
| 3  | Línea de producción de Mpanel.....  | 16 |
| 4  | Diagrama de flujo del proceso de fabricación de mallas .....              | 20 |
| 5  | Elemento denominado SPIDER.....   | 23 |
| 6  | Elemento denominado GORRO DEL SPIDER.....                                 | 24 |
| 7  | Elemento denominado ARO DEL SPIDER.....                                   | 24 |
| 8  | Prototipo 1 instalado en periodo de pruebas .....                         | 29 |
| 9  | Prototipo 2 instalado en periodo de pruebas .....                         | 29 |
| 10 | Segunda instalación del prototipo 1 en pruebas.....                       | 30 |
| 11 | Prototipo 1 instalado con rediseños .....                                 | 31 |
| 12 | Todas las instalaciones del prototipo 1 en período de pruebas .....       | 31 |
| 13 | Rediseño definitivo e instalado .....                                     | 32 |
| 14 | Estructura instalada en su totalidad en fase de control del proceso ..... | 32 |
| 15 | Diagrama de flujo del proceso de Panelado.....                            | 35 |
| 16 | Rieles de descarga de la electro soldadora.....                           | 38 |
| 17 | Riel izquierdo de descarga de mallas .....                                | 38 |
| 18 | Área de Descarga de mallas de la electro soldadora .....                  | 41 |
| 19 | Área de descarga de mallas en periodo de pruebas.....                     | 41 |
| 20 | Rampa Propuesta para el apilamiento de mallas.....                        | 42 |
| 21 | Paleta de apilamiento en periodo de pruebas .....                         | 43 |
| 22 | Soportes de las paletas de apilamiento.....                               | 43 |
| 23 | Mallas apiladas durante periodo de pruebas .....                          | 44 |
| 24 | Pinzas con actuadores neumáticos propuestos.....                          | 45 |

## ÍNDICE GENERAL

|  |            |
|--|------------|
| <b>DEDICATORIA .....</b>                       | <b>ii</b>  |
| <b>AGRADECIMIENTO .....</b>                    | <b>iii</b> |
| <b>ÍNDICE DE CUADROS .....</b>                 | <b>iv</b>  |
| <b>ÍNDICE DE GRAFICOS.....</b>                 | <b>v</b>   |
| <b>ÍNDICE GENERAL .....</b>                    | <b>vi</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN .....</b>                      | <b>1</b>   |
| <br>   |            |
| <b>INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA .....</b> | <b>2</b>   |
| Descripción de la empresa.....                 | 2          |
| Reseña Histórica de la Empresa .....           | 3          |
| Organigrama General .....                      | 3          |
| Misión.....                                    | 4          |
| Visión .....                                   | 4          |
| Descripción del departamento .....             | 4          |
| Descripción del trabajo asignado.....          | 6          |
| <br>   |            |
| <b>ACTIVIDADES REALIZADAS.....</b>             | <b>9</b>   |
| Descripción de las actividades realizadas..... | 9          |
| Resultados de las actividades realizadas ..... | 19         |
| <br>   |            |
| <b>CONCLUSIONES .....</b>                      | <b>46</b>  |
| <b>RECOMENDACIONES.....</b>                    | <b>47</b>  |
| <b>REFERENCIAS .....</b>                       | <b>48</b>  |

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de pasantía profesional realizado en la empresa Industrias ISOLARA C.A, fue orientado hacia la mejora de los niveles de producción en el Área de Mpanel por medio de ajustes realizados a la máquina electro soldadora de mallas, por el área de Ingeniería de Mantenimiento, la cual generaba disminución en los niveles de producción por las constantes paradas no programadas que repercutían en el proceso productivo, ya que esta máquina surte la malla necesaria para el producto final denominado Mpanel, el departamento de ingeniería de mantenimiento se enfocó en la optimización del mismo determinando las posibles causas de las paradas. Además se enfocó en la optimización del proceso productivo de Mpanel, disminuyendo el tiempo de producción de cada lote de este producto.

Ambos enfoques fueron realizados a través del estudio de campo dentro de la planta, en donde se realizó una evaluación y observación del proceso de fabricación de este producto, con el fin de determinar las debilidades presentes en ella y las oportunidades de mejoras del proceso, con el fin de optimizarlo, realizando rediseños en una de las principales máquinas que intervienen en el proceso productivo como lo es la electro soldadora de mallas antes mencionada.

En este informe se irá desarrollando las actividades que se realizaron y como se ejecutaron las mismas, comenzando propiamente con una descripción de la empresa en cuestión, para conocer como es el funcionamiento de la misma y que aportes puede ofrecer la carrera ingeniería de producción en pro del crecimiento y desarrollo de esta. Posteriormente se describirá todo lo concerniente a la ejecución de los proyectos asignados y los resultados obtenidos durante la ejecución de estos.

## **INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA**

### **Descripción de la empresa**

La empresa industrias ISOLARA C.A. es una empresa, perteneciente al Grupo Isotex, la cual está dedicada a la fabricación de productos en Poliestireno Expandido EPS (anime) y paneles para paredes y tabiques llamados MPanel, con la misma capacidad y calidad de producción de Industrias Isotex y Sistemas Emtec que también pertenecen al ya mencionado Grupo Isotex. Se encuentra ubicada estratégicamente en el Estado Lara, para surtir al mercado de productos en EPS para la región Centro-Occidental, Occidental y Los Andes.

Cabe destacar que el Grupo Isotex cuenta con plantas en los estados Aragua, Carabobo y Lara a nivel nacional, y con transnacionales en la República Dominicana y Panamá.

Grupo Isotex cuenta con el desarrollo y puesta en marcha de la más alta tecnología en producción de Poliestireno Expandido, lo cual les ha permitido desarrollar gran variedad de productos terminados tanto en el área comercial como industrial con diferentes aplicaciones que van desde la construcción, decoración y aislamiento térmico hasta productos para empaques industriales; día a día, se adaptan a las diferentes necesidades del mercado tanto nacional como internacional.

## Reseña Histórica de la Empresa

La empresa Industrias ISOLARA C.A. esta ubicada en la región del estado Lara desde el año 2009, esta empresa pertenece al Grupo Isotex el cual es un grupo empresarial pionero en la producción de materiales y componentes de Poliestireno Expandido en Venezuela, para lo cual cuentan con la maquinaria más moderna del país y con la experiencia adquirida en la concepción y puesta en marcha de las más modernas tecnologías del mundo y los últimos avances. Los orígenes del grupo, se remontan a principios de los años 50, en el inicio de la industria del plástico y, desde entonces, han avanzado con el progreso y la tecnología.

## Organigrama General

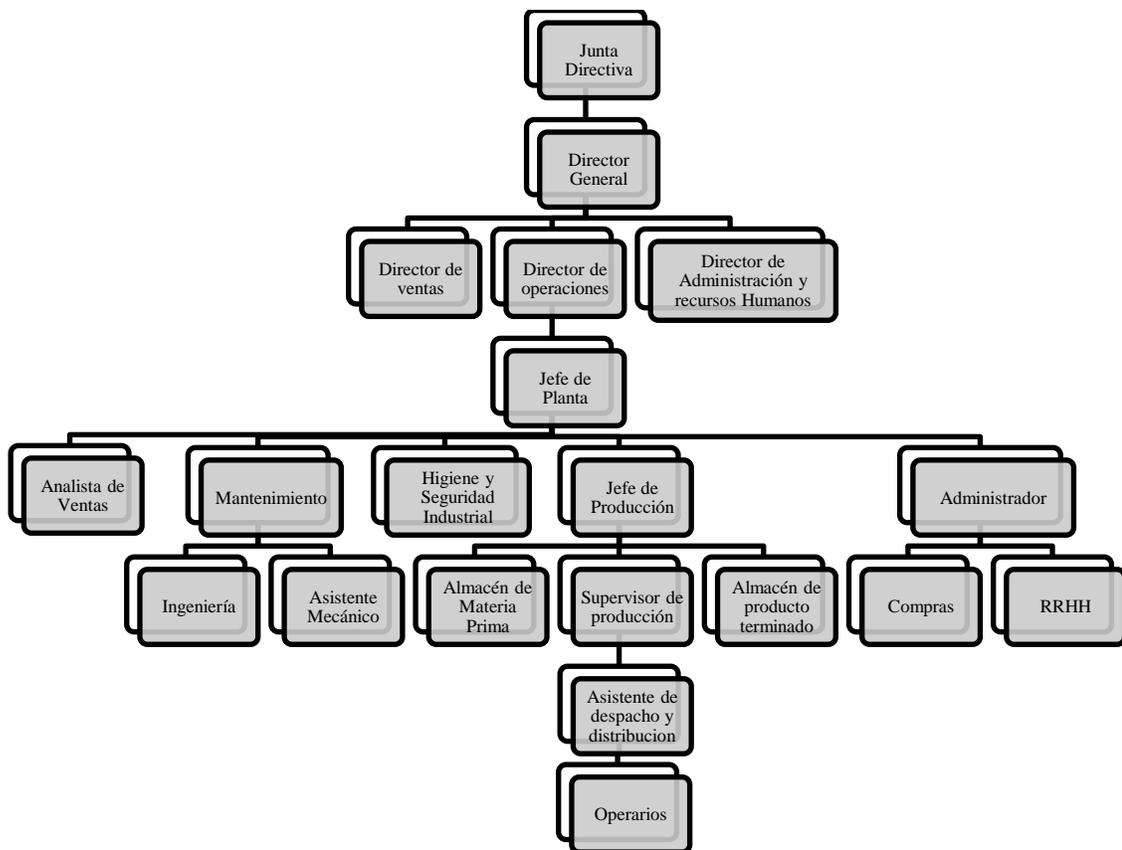


Gráfico 1: Organigrama de la empresa

Fuente: Datos suministrados por la empresa

## **Misión**

Es una empresa venezolana que se enorgullece en ofrecer una variada gama de productos y soluciones integrales para la construcción de obras civiles, a través de la innovación, el uso de las más modernas tecnologías y el talento de su recurso humano, con el propósito de asegurar la máxima calidad y rebasar las expectativas de los clientes.

## **Visión**

El Grupo Isotex, quiere constituirse como un referente obligatorio en innovación y desarrollo tecnológico en el sector de productos y soluciones integrales para la construcción basados en Poliestireno expandido (anime) a nivel mundial.

De igual manera, dirigen sus esfuerzos y el talento de la organización, hacia el logro de la posición de liderazgo en el mercado de bienes para la construcción en Latinoamérica.

## **Descripción del departamento**

El Departamento de Mantenimiento tiene la responsabilidad de proporcionar oportuna y eficientemente, los servicios que requiera la empresa en materia de mantenimiento preventivo y correctivo a las instalaciones, maquinarias y equipos, así como la contratación de los contratistas necesarios para el fortalecimiento y desarrollo de las instalaciones físicas de los inmuebles.

Entre las funciones que corresponde a este departamento tenemos:

- Cooperar en la formulación del plan de presupuesto anual para gasto corriente e inversión física, así como participar en la elaboración del Programa Anual de Obras e Infraestructura, contribuyendo en la definición de criterios y

prioridades de asignación de recursos para el correcto desempeño de las labores de mantenimiento.

- Establecer planes de mantenimiento preventivo y correctivo para el fortalecimiento y desarrollo de las instalaciones físicas, maquinarias y equipos.
- Verificar que la contratación de la obra pública y los servicios relacionados con la misma, se realicen con estricto apego a lo dispuesto en la Ley de Adquisiciones y Obras Públicas y su Reglamento.
- Supervisar los trabajos de los contratistas, verificando que los servicios que presten se apeguen a las condiciones estipuladas en los contratos y a las especificaciones requeridas, así como instrumentar los cierres administrativos de las obras contratadas.
- Realizar visitas de supervisión a las instalaciones para detectar necesidades de mantenimiento preventivo, correctivo o adaptación.
- Proporcionar o en su caso contratar los servicios de colocación de nuevas Instalaciones para alumbrado y tendido de líneas, suministro de energía de emergencia ininterrumpida, mantenimiento preventivo correctivo a subestaciones eléctricas y todo tipo de reparaciones de este género.
- Coordinar, orientar y apoyar las actividades del personal adscrito al área de su competencia.

Del mismo modo dentro del departamento de mantenimiento está asignada el área de ingeniería de mantenimiento el cual se encarga de:

- Asistir en el establecimiento y conservación de los procedimientos y programas de mantenimiento de todas las máquinas del complejo.
- Revisar periódicamente los procedimientos de mantenimiento preventivo y los intervalos entre intervenciones para los equipos estratégicos y críticos. Recomendar los cambios que sean necesarios con el propósito de reducir los costos de mantenimiento y mejorar el factor de servicio.

- Evaluar el empleo de nuevos materiales y diseños de componentes donde se justifiquen cambios de materiales y/o componentes.
- Investigar los problemas repetitivos empleando herramientas de análisis metódicas y sistematizadas tales como: Análisis Causa- Raíz, diagrama de Pareto, diagrama Ishikawa. Comunicar periódicamente los resultados.
- Servir como contacto con los fabricantes y/o proveedores originales de los respectivos equipos y mantenerse informados acerca de los nuevos desarrollos efectuados.
- Servir como contacto con otros grupos de la planta que se encuentren involucrados con los equipos rotativos tales como: Compras; Ing. De Procesos; Construcciones, Operaciones y Seguridad con el propósito de proveer toda la información que se requiera para la provisión, diseño y correcta operación.
- Asistir a los sectores involucrados en el establecimiento de la política de stock y de inspección de elementos.
- Controlar los costos de mantenimiento y los factores de servicio y efectuar las correspondientes recomendaciones para reparaciones o reemplazos donde sea necesario.
- Especificar y Seleccionar nuevos equipos rotativos para proyectos y mejoras.
- Controlar la puesta en servicio de nuevos equipos.

### **Descripción del trabajo asignado**

Durante el trabajo de pasantías, el proyecto asignado por parte de la empresa constaba de dos partes, el primer objetivo fundamental consistía en determinar, los motivos de las constantes paradas de la máquina electro soldadora de mallas, asignada en el área de Mpanel, debido a que estas continuas paradas generaban disminución en los niveles de producción, trayendo como consecuencia pérdidas económicas para la empresa.

Como segundo objetivo se propuso crear un sistema o estructura mediante la cual las mallas que produce la mencionada electro soldadora, quedarán apiladas perfectamente a la salida de la misma, debido a que su mal apilamiento actual generaba que los operadores se vieran en la necesidad de apilarlas de forma manual para que posteriormente el sistema robotizado de la paneladora pudiera reconocerlas y continuar con el proceso productivo. Este proyecto se asignó con la intención de disminuir el tiempo de parada que tenía el proceso productivo mientras los operadores apilaban las mallas, además de eliminar el trabajo forzoso que los operadores ejecutaban durante el apilamiento, reduciéndoles así la fatiga durante su jornada laboral.

Para proceder a ejecutar ambos proyectos se realizó un plan de trabajo de acuerdo a las exigencias del mismo y al tiempo con el que se contaba para la realización de este, el plan de trabajo asignado por semana fue el siguiente:

- **Semana 1 y 2:** Observación del proceso; determinación y registro de paradas en la máquina.
- **Semana 3:** Medición y registro de los niveles de producción en la máquina.
- **Semana 4:** Examinación, establecimiento y diseño de la nueva estructura propuesta para la máquina.
- **Semana 5:** Montaje del prototipo de la nueva estructura propuesta.
- **Semana 6:** Prueba del prototipo de la nueva estructura propuesta.
- **Semanas 7 y 8:** Rediseño e instalación total de la nueva estructura propuesta.
- **Semana 9:** Medición de paradas y niveles de producción con la nueva estructura ya instalada en su totalidad.
- **Semanas 10 y 11:** Comienzo de segundo objetivo, observación del proceso productivo de panelado y medición del tiempo de parada durante el apilamiento de mallas.
- **Semana 12:** Evaluación de ajustes a considerar para instalación de nueva estructura de apilamiento.

- **Semana 13:** Diseño de nueva estructura propuesta para el apilamiento de mallas.
- **Semanas 14 y 15:** Montaje y pruebas de prototipo para apilamiento de mallas.
- **Semana 16:** Análisis de resultados obtenidos.

## **ACTIVIDADES REALIZADAS**

### **Descripción de las actividades realizadas**

Para el inicio del trabajo de pasantía se comenzó con el primer objetivo asignado de los dos correspondientes. Para esto se utilizó las técnicas de ingeniería industrial conocidas como estudio de trabajo, el cual sabemos que se puede definir como una evaluación sistemática de los métodos empleados como lo son el estudio de métodos y la medición del trabajo, para la ejecución de actividades con la finalidad de optimizar la utilización eficaz de los recursos de toda índole y además de establecer estándares de rendimiento respecto a las actividades que se realizan.

A continuación se describen las actividades realizadas paso a paso:

**Semanas 1 y 2:** Observación del proceso; determinación y registro de paradas en la máquina.

Durante las dos primeras semanas se trabajo aplicando las técnicas antes mencionadas con un trabajo de observación del proceso productivo específicamente en la línea que fabrica las mallas electro soldadas, a fin de familiarizarse con el mismo y determinar las irregularidades presentes en dicho proceso que influyen en los niveles de producción.

Es por ello que se utilizó la primera y la segunda de las ocho fases del estudio de trabajo como lo son la selección del proceso a evaluar y el registro de los datos

Relevantes de dicho proceso, en este caso el registro de paradas en la máquina y sus causas. Durante esas dos semanas iniciales se permitió reconocer todos los factores que intervienen en el proceso de fabricación de las mallas electro soldadas, como lo es, la materia prima que son los rollos de alambre de acero galvanizado que tienen un espesor de 2,5 milímetros; también se reconoció todo el proceso por el cual pasa este alambre antes de salir en forma de malla.

Este proceso consiste en 20 rollos de alambre ordenadas en 2 columnas de 10 rollos por lado; las cuales se despliegan hacia arriba dirigiendo el alambre hacia un sistema de poleas que posteriormente las traslada longitudinalmente hacia unos rodillos enderezadores dispuestos horizontalmente. Los cuales trasladan el alambre a su término hacia un sistema de pistones que funcionan de forma neumática encargados de darles movimiento a los rodillos tractores e impulsores que se encuentran entre sí de forma vertical, a fin de extraer el alambre dispuesto en los rollos.

Luego de pasar por estos rodillos se trasladan los alambres por unos balancines con sensores que se encargan de activar las alarmas de parada cuando el alambre se encuentra con mucha tensión por encontrarse retenido, para así dirigirlos hacia otros rodillos de empuje que se encargan de enviar los alambres hacia los electrodos que al encontrarse entre sí, generan un campo eléctrico que propicia la soldadura entre los 20 alambres que pasan longitudinalmente y los hilos de alambre transversales que van cayendo entre los electrodos para unirse por medio de la soldadura.

Una vez soldada la malla es trasladada automáticamente hacia una cizalla que se encarga de cortar la malla a la medida deseada. Finalmente la malla terminada es atraída por un cilindro con un gancho en su extremo que atrae la malla hacia adelante a fin de colocarla en los rieles que posteriormente se abren para soltar la malla y que esta caiga por efecto de la gravedad.

Este fue el objeto de estudio seleccionado para su observación y determinación de paradas que fueron evaluadas a lo largo de todo el recorrido de la materia prima por la máquina, para que durante esta determinación de paradas, llevar un registro y arrojando resultados que serán descritos posteriormente.

El siguiente gráfico muestra toda la línea de producción de la malla electro soldada



**Gráfico 2: Línea de producción de mallas**

**Semana 3:** Medición y registro de los niveles de producción en la máquina.

Durante la semana 3 se utilizó igualmente la fase de llevar el registro de los niveles de producción que arrojaba la máquina hasta ese momento, para así evaluar en que porcentaje se encontraba la máquina con respecto a su capacidad máxima de producción. Para ello se procedió a utilizar la técnica de cronometraje industrial y observar cuanto tardaba la máquina en producir una unidad de malla electro soldada, este cronometrado fue ejecutado en varias muestras y posteriormente se calculaba el promedio de todas estas muestras mencionadas y se determinaba cuanto tardaba en fabricar una unidad de producto. Luego se procedió a calcular cuánto tiempo debería

tardar la máquina en producir un lote de 100 mallas en un panorama ideal de cero paradas de la máquina. Debido a que cada paleta tiene una capacidad para esta cantidad de mallas y así producir lotes de 50 Mpanel.

A continuación se procedió a cronometrar cuanto tardaba realmente la máquina en producir un lote de 100 mallas, incluyendo todas las paradas que tenía el proceso. También se tomaron varias muestras de estos lotes de 100 mallas y se calculaba el promedio real de tiempo que la máquina duraba en producir este lote.

Finalmente se relacionó el promedio ideal con el promedio real y se calculaba el porcentaje real de producción de la máquina.

**Semana 4:** Examinación, establecimiento y diseño de la nueva estructura propuesta para la máquina.

Durante esta cuarta semana se desarrolló la tercera y cuarta fase del estudio de trabajo como lo es, la examinación de los hechos registrados con espíritu crítico, preguntándose si se justifica lo que se hace, según el propósito de la actividad, los medios empleados para tales fines entre otros y además la cuarta fase que es el establecimiento del método más económico teniendo en cuenta todos los factores para su correcta selección del prototipo tomando en cuenta también el factor tiempo y funcionalidad, debido a que se consideró los antecedentes de otras estructuras similares aplicadas en otros sistemas productivos, que pudieran adaptarse a este tipo de proceso, haciéndole las respectivas modificaciones que pudiera satisfacer el objetivo de disminuir las paradas.

Es por ello que se procedió a llevar a cabo el diseño de un prototipo de una nueva estructura para anexarla a la máquina de manera que disminuyera la cantidad de paradas durante el proceso. Todo esto tomando en cuenta la examinación realizada a

los registros de paradas presentes en el proceso, a la determinación de las causas que las generaban y al establecimiento del método más factible para su implantación.

**Semana 5:** Montaje del prototipo de la nueva estructura propuesta.

Durante el inicio de esta semana se continuó con el proyecto realizando el montaje del prototipo de la nueva estructura propuesta, llevando un control de los recursos a utilizar, del tiempo de mano de obra empleado y de un minucioso seguimiento de la creación del prototipo que siguiera los requerimientos indicados para su fabricación, como sus medidas, tipo de material a utilizar y punto de implantación del prototipo para de esta manera tener coherencia en lo propuesto con lo aplicado y así evaluar los posibles defectos que pudiera tener el mismo.

**Semana 6:** Prueba del prototipo de la nueva estructura propuesta.

Una vez instalado el prototipo en los distintos puntos de la electro soldadora a nivel de los rollos con diferentes medidas y tamaños se procedió a llevar un seguimiento de estos puntos para evaluar la cantidad de paradas que se originaban en estas pruebas, utilizando la quinta fase del estudio de trabajo conocida como, evaluar, ya antes mencionado, tomando en cuenta si el prototipo afectaba positiva o negativamente el proceso productivo, enfocándonos en supervisar si disminuía la calidad del producto o retardaba el tiempo de producción. Los resultados obtenidos serán descritos posteriormente.

**Semanas 7 y 8:** Rediseño e instalación total de la nueva estructura propuesta.

Durante las siguientes dos semanas, en base a los resultados obtenidos en las pruebas y evaluación de los prototipos instalados en el recorrido de la materia prima dentro de este proceso productivo, se observó las modificaciones que se le debían hacer a los prototipos para así optimizar aún más el proceso y hacer más funcional la

implantación del nuevo método. Para ello se utilizaron las fases conocidas como, definición e implantación, que corresponden a la sexta y séptima etapa del estudio de trabajo respectivamente, la primera de ellas consiste en definir el nuevo método o en este caso nueva estructura, por medio del rediseño del prototipo inicial, definir el tiempo que llevará la implantación de toda la nueva estructura y que factores incidieron para su rediseño en base a las demostraciones y resultados que se obtuvieron durante la semana de pruebas.

Seguidamente se prosiguió con la implantación de la nueva estructura propuesta y definitiva, sobre los 20 rollos del proceso productivo, colocándose después de la salida de la alambre sobre el spider y antes de la entrada del alambre a la polea. Esta implantación tal como lo describe el estudio del trabajo debió ser notificada y autorizada por todas las partes implicadas y ejecutada en el tiempo estimado.

**Semana 9:** Medición de paradas y niveles de producción con la nueva estructura ya instalada en su totalidad.

Para de esta manera culminar con la primera parte del proyecto asignado, se aplicó la última pero no menos importante fase aplicada en el estudio de trabajo como lo es, controlar, que no es más que el seguimiento de la aplicación del nuevo método o sistema siguiendo los resultados obtenidos y comparándolos con los objetivos planteados.

Así se llevó a cabo este control de la nueva estructura y rediseño empleado en la electro soldadora de mallas, por medio de la medición y registro de las paradas de esta para compararlo con el registro anterior, además de la medición de los niveles de producción de este proceso, tomando en cuenta como se describió anteriormente si la implantación total no afectaba la calidad del producto que pudiera producirse por causa del roce entre la nueva estructura y el alambre, provocándole un desgaste a este, dando como resultado lo descrito en la siguiente sección del informe.

**Semanas 10 y 11:** Comienzo de segundo objetivo, observación del proceso productivo de panelado y medición del tiempo de parada durante el apilamiento de mallas.

Ya al comienzo de esta décima semana se procedió a darle inicio a la segunda parte del proyecto asignado durante el período de pasantías que como se ha mencionado anteriormente, consistía en reducir los tiempos de parada del proceso productivo, específicamente el tiempo de parada generado al momento de trasladar las mallas producidas en la electro soldadora hacia la paneladora, que termina creando el producto final, destacando que esta paneladora es utilizada con un sistema robotizado que coloca la malla en la mesa de la paneladora posteriormente agarra la otra malla, el panel de anime y procede a panelar tipo sándwich, soldando alambre galvanizando de tres milímetros de espesor a través de todos los pasos o cuadrículas de la malla, para de esta manera unificar y reforzar las mallas con el panel del anime; recordando que para que este proceso funcione óptimamente, las mallas deben estar perfectamente apiladas y colocadas en las coordenadas correctas para que el sistema robotizado pueda reconocerlas.

Ya descrito como funciona esta parte del proceso productivo, necesario para poder entender las actividades realizadas, podemos decir que se procedió a tomar registro del tiempo que se mantenía parada la paneladora, sin actividad productiva, tiempo que de igual manera se podía describir como el tiempo que tardaban los operadores en apilar las mallas perfectamente y en el área donde estaban las coordenadas del sistema robotizado.

Para la ejecución de esta actividad se consideró igualmente el estudio del trabajo pero siendo un poco más específico se procedió a realizar una parte del estudio de tiempo con cronómetro que no es más que una técnica para determinar con la mayor precisión posible el tiempo necesario para llevar a cabo una operación o tarea,

partiendo de un número limitado de observaciones; en el cual se tomó en cuenta diversos factores utilizados para esta técnica como lo son, la selección de la operación (en este caso el apilado manual de las mallas), la selección del o de los operadores involucrados, el análisis de método para llevar a cabo esta operación, la obtención y registro de lo observado y cronometrado, y cálculo del tiempo promedio que arrojo el total de las observaciones.

Dentro del estudio del trabajo podemos decir que en estas semanas se aplicaron las fases de seleccionar y registrar siendo estas las dos primeras de dicho método, realizándolas en conjunto con la aplicación del estudio de tiempo con cronómetro.

El siguiente gráfico muestra el área del proceso de panelado.



**Gráfico 3: Línea de producción de Mpanel**

**Semana 12:** Evaluación de ajustes a considerar para instalación de nueva estructura de apilamiento.

Una vez tomado el registro de la operación de apilamiento de mallas por parte de los operadores y del tiempo de parada de la paneladora, se procedió a la fase de examinación dentro el estudio de trabajo, debido a que se necesitaba encontrar todos los aspectos que impedían que las mallas quedaran apiladas automáticamente al descargarlas la electro soldadora, además de los factores a tomar en cuenta para una posible propuesta de mejora.

Esto con la finalidad de realizar una serie de pruebas en la electro soldadora que permitieran observar si estas contribuían a una mejora en el apilamiento de mallas y de ser negativas las pruebas se procedía a replantear que tipo de modificaciones realizar.

Para poder ejecutar esta examinación, se practicó la observación directa donde se detectaron los detalles en el proceso que impedían este apilamiento, los cuales se debieron justificar si algunos métodos y diseños en la máquina eran los más idóneos para lograr el objetivo propuesto, realizándose las siguientes preguntas: ¿Qué debemos modificar?, ¿cómo lo modificaremos?, ¿dónde se modificará? , ¿Cuándo se modificará?, ¿quién lo modificará?, ¿por qué? y ¿para qué?

**Semana 13:** Diseño de nueva estructura propuesta para el apilamiento de mallas.

A continuación el enfoque fue dirigido a idear y diseñar un mecanismo, método o sistema que pudiera satisfacer la necesidad de lograr el apilamiento automático de las mallas para reducir el tiempo de parada de la paneladora y además reducir la fatiga en los operadores. Para ello se aplicó la fase de establecer, en lo que se tomó en cuenta el factor tiempo y económico para realizar las pruebas con el primer prototipo planteado debido a que estas primeras pruebas no ofrecerían una solución definitiva al

problema, sino que se obtendría un panorama más claro de la inversión correcta que debía hacerse. Por ello, se plantearon modificaciones en el área donde la electro soldadora descarga la malla terminada debido a que allí se presentaban la mayor cantidad de detalles a corregir.

También se plantearon modificaciones en la paleta de apilamiento que utiliza el sistema robotizado para reconocer las mallas, puesto que se intentaba lograr que las mallas quedaran apiladas directamente en esta paleta al ser descargadas en la electro soldadora. Además se plantearon modificaciones en el método de transportar las mallas desde la electro soldadora hasta el punto de coordenadas donde el sistema robotizado las reconoce.

Cabe destacar que todas estas propuestas, considerando el factor económico solo necesitarían de materiales de herrería disponibles en los depósitos de la empresa y mano de obra capacitada, además que contribuiría a reducir el tiempo de ejecución.

**Semanas 14 y 15:** Montaje y pruebas de prototipo para apilamiento de mallas.

Una vez aprobado el diseño del prototipo propuesto, se procedió a la instalación de las nuevas estructuras y modificación de las ya existentes, aplicando entonces dentro del estudio del trabajo la fase de implantación de estas pruebas, siguiendo correctamente las indicaciones necesarias para su correcta instalación y obtener resultados veraces que determinaran la factibilidad de estas modificaciones y ajustes en el proceso de descarga de las mallas.

Luego de instalados y modificados todos los componentes propuestos se procedió a realizar pruebas en la máquina con la participación de estos nuevos componentes, realizando pruebas en varias muestras registradas con observación directa.

## **Semana 16:** Análisis de resultados obtenidos.

Una vez terminado el período de pruebas y observación del comportamiento de las nuevas aplicaciones instaladas, se llevó a cabo el análisis de los resultados obtenidos en estas, trayendo como consecuencia, la reestructuración en los métodos y prototipos propuestos debido a la variación en los resultados, que no presentaron un comportamiento constante en el desplazamiento de las mallas al momento de ser descargadas y seguidamente apiladas.

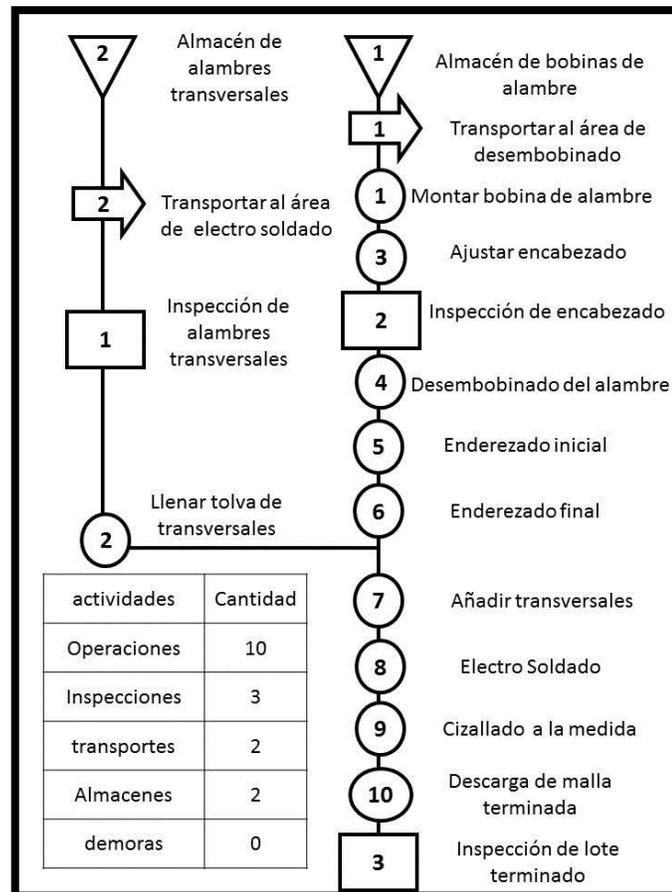
Para buscarle solución al comportamiento inconstante de las mallas al ser descargadas y apiladas, se planteó un rediseño en la idea inicial, anexándole a esta idea un sistema automatizado para la sujeción de las mallas al momento de ser trasladadas por el carril de descarga de la electro soldadora. Este nuevo método de descarga constaría de actuadores neumáticos automáticos, con sistema de pinzas que pudieran sujetar la malla al ser cortada por la cizalla, trayendo como resultado que estas pinzas al sujetarla y trasladarla por los carriles de descarga pudiera desprender la malla en un mismo punto que siempre se mantuviera constante y así instalar las estructuras iniciales propuestas en un mismo punto tal cual como las coordenadas que necesita el sistema robotizado para reconocerlas.

## **Resultados de las actividades realizadas**

Una vez desarrolladas todas las actividades realizadas durante las 16 semanas, donde se especificó la metodología utilizada y el porqué de estas, procederemos a detallar los resultados obtenidos en cada una de estas actividades realizadas, utilizando herramientas que faciliten su comprensión.

**Semanas 1 y 2:** Observación del proceso; determinación y registro de paradas en la máquina.

Mediante la observación del proceso productivo de la malla electro soldada se pudo determinar que es un método por el cual la materia prima no sufre transformación alguna de su composición, sino de su forma, debido a que inicialmente se encuentra en un rollo por lo cual su cuerpo se encuentra en forma de espiral, mientras que al final del proceso se encuentra totalmente recto, de forma lineal y solamente se le ha adherido por parte de soldadura eléctrica, un hilo transversal de su misma naturaleza y espesor. El siguiente diagrama de flujo del proceso muestra todas las actividades por la que pasa la materia prima para crear la malla electro soldada, se mostrara entonces el proceso exclusivamente para la fabricación de la malla.



**Gráfico 4: Diagrama de flujo del proceso de fabricación de mallas**

Según lo observado se pudo obtener el diagrama de flujo el proceso de fabricación de la malla electro soldada, la cual consta de 2 almacenes, 2 transportes, 3 inspecciones y 10 operaciones como se representó en el grafico 4.

En este proceso se determinaron diversas fallas que ocasionaban la parada de la máquina especialmente en la operación de desenrollado, a continuación se nombran cada una de las paradas detectadas.

- Paradas por atascarse el alambre en la polea
- Paradas por atascarse el rollo en el aro del spider
- Paradas por atascarse el rollo con el spider
- Paradas por atascarse el rollo con el gorro del spider
- Paradas por rollo enredado
- Paradas por caídas del gorro del spider
- Paradas por atascarse el rollo en los rodillos
- Paradas por caída desigual de los transversales
- Paradas para abastecer la tolva con transversales
- Paradas por alambre defectuoso (mal soldado o con rebaba)
- Paradas por electroimanes sucios

Como se puede notar, eran diversas las causas que generaban las paradas de la máquina y que a su vez disminuían considerablemente la capacidad de producción de mallas. Del mismo se tomó registro de la cantidad de veces que se producía cada parada específica, en el siguiente cuadro se muestran los resultados de estas.

**Cuadro 1: Paradas por día según su causa**

|   | prom. X día  |
|---|--------------|
| <b>CANTIDAD DE PARADAS EN HORAS DE 7:00 AM A 12 PM:</b> | <b>54,33</b> |
| <b>PARADAS POR LAR:</b>                                 | <b>42,67</b> |
| PARADAS POR ATASCARSE EL ALAMBRE EN LA POLEA            | 0,67         |
| PARADAS POR ATASCARSE EL ROLLO EN ARO                   | 9,33         |
| PARADAS POR ATASCARSE EL ROLLO CON EL SPIDER            | 1,67         |
| PARADAS POR ATASCARSE EL ROLLO EN EL GORRO              | 18,00        |
| PARADAS POR ROLLO ENREDADO                              | 2,33         |
| PARADAS POR CAIDAS DEL GORRO                            | 1,00         |
| PARADAS POR ATASCARSE EL ALAMBRE EN LOS RODILLOS        | 5,00         |
| PARADAS POR TERMINARSE EL ROLLO                         | 4,50         |
|   |              |
| <b>PARADAS POR MG:</b>                                  | <b>11,67</b> |
| PARADAS POR CAIDA DESIGUAL DE LOS TRANSVERSALES         | 7,67         |
| PARADAS PARA ABASTECER TRANSVERSALES                    | 1,33         |
| PARADAS POR DOBLARSE EL TRANSVERSAL O SER MAS CORTO     | 1,00         |
| PARADAS POR ALAMBRE DEFECTUOSO (SOLDADO O DOBLADO)      | 2,00         |
| PARADAS POR ELECTROIMANES SUCIOS                        | 3,00         |

El cuadro anterior muestra que la mayor cantidad de paradas se presentan con una alarma denominada LAR (por el área donde se acciona la alarma de parada) y que se presenta mayormente por atascarse el rollo con el gorro del spider y por atascarse el rollo con el aro de spider, Causando las paradas en un promedio de 18 y 9,33 veces al día respectivamente y tomando en cuenta que es una muestra solo tomada en horarios laborales de 7 de la mañana a 12 del mediodía.

Del mismo modo se pudo observar que las paradas se originan mayormente en ciertos tipos de spider, puesto que el proceso contaba con spiders de dos diferentes diámetros y se observó y registro que los spiders con menor diámetro presentan mayor cantidad de paradas debido a la holgura que quedaba entre el ancho del rollo y el spider. El siguiente cuadro muestra los registros de esas paradas.

**Cuadro 2. Paradas por día según el spider afectado**

| PARADAS EN LAR POR N° DE SPIDER |            |    |            |
|---------------------------------|------------|----|------------|
|                                 | prom x día |    | prom x día |
| 1                               | 4,67       | 11 | 0,33       |
| 2                               | 0,33       | 12 | 2,33       |
| 3                               | 0,00       | 13 | 1,00       |
| 4                               | 2,67       | 14 | 4,67       |
| 5                               | 2,67       | 15 | 2,33       |
| 6                               | 1,67       | 16 | 2,00       |
| 7                               | 5,00       | 17 | 0,33       |
| 8                               | 1,00       | 18 | 1,67       |
| 9                               | 0,33       | 19 | 4,67       |
| 10                              | 4,67       | 20 | 0,33       |

El cuadro 2 muestra que la mayor cantidad de paradas están en el spider número 7 que en ese momento era uno de los spiders de diámetro más pequeño y ocasionaban la mayor cantidad de paradas.

Los siguientes gráficos muestran los elementos anteriormente denominados como spider, gorro, aro:



**Gráfico 5: Elemento denominado SPIDER**



**Gráfico 6: Elemento denominado GORRO DEL SPIDER**



**Gráfico 7. Elemento denominado ARO DEL SPIDER**

**Semana 3:** Medición y registro de los niveles de producción en la máquina.

En esta semana se realizó el cronometraje industrial y se obtuvo resultados de los niveles de producción registrándolos y representándolos en el cuadro resumen siguiente:

**Cuadro 3. Índices de Producción de mallas**

| <b>Cuadro de produccion de mallas</b> |              |             |            |             |
|---------------------------------------|--------------|-------------|------------|-------------|
| paso (mm)                             | longitud (m) | prod. Ideal | prod. real | % prod real |
| 130                                   | 3            | 300         | 169        | 56,33       |
| 130                                   | 4            | 240         | 133        | 55,42       |
| 130                                   | 2,5          | 360         | 197        | 54,72       |
| 65                                    | 3,5          | 138         | 101        | 73,19       |
|                                       |              | por hora    |            |             |

El cuadro 3 refleja el resumen de la muestra tomada, donde se puede apreciar que se tomaron muestras para mallas de paso 130 mm y 65 mm (el paso es la distancia que hay entre cada alambre transversal de la malla) y en sus diferentes longitudes de mallas como 3 m; 4m; 2,5 m; y 3,5 m. y que además muestra la producción ideal que debería tener la máquina, es decir, la producción sin las paradas presentes en el proceso. También se refleja en porcentaje real de mallas que produce la maquina por hora, incluyendo las paradas, se puede apreciar que los porcentajes reales de producción están entre un 54,72 % y un 56,33% de la capacidad total de la máquina para mallas de paso 130 mm lo cual es un número muy por debajo de lo que la empresa espera obtener, mientras que para las mallas de paso 65 mm se encuentra en un 73,19% un porcentaje que en relación a los otros se ve bastante alto, sin embargo hay que tomar en cuenta que la producción de mallas paso 65 mm es mucho más lento que las paso 130 mm casi el doble de tiempo y por ende las paradas se pueden controlar con mayor eficiencia, por lo tanto ese porcentaje en paso 65 mm debería rondar en un 90%.

**Semana 4:** Examinación, establecimiento y diseño de la nueva estructura propuesta para la máquina.

Para esta cuarta semana se procedió a examinar y analizar los registros obtenidos durante las primeras tres semanas, llegando a la conclusión que alguna de las causas de las paradas sucede por lo siguiente:

Se está en la presencia de una materia prima inestable geoméricamente, debido a que por su configuración inicial que son los rollos de alambre provoca que en el proceso de desenrollado se produzcan muchas fallas para su correcto desenvolvimiento como lo son el atascamiento del alambre de los rollos en el gorro, aro y en el propio spider, esto se debe a que el alambre en si tiene un enrollado irregular, adicional a eso se le colocan muchas obstrucciones durante su recorrido al desenrollarse como lo son el aro y el gorro que van en los spiders que en primera instancia cumplen la función de calmar el alambre antes de llegar a la polea, pero además de ello, el alambre no viene suficientemente calmado de fábrica lo que ocasiona que las vueltas que tiene cada rollo no asciendan de forma regular hacia la polea, sino que tengan un movimiento inestable que ocasiona que el alambre se atasque en la polea.

Además de ello se detectó que el proceso en si tiene numerosos detalles que propician estas paradas en la máquina, como por ejemplo, los pasadores que sostienen los gorros sobre los spiders no están en buenas condiciones o no todos los gorros tienen su pasador, lo que genera que estos gorros se caigan del spider, adicionalmente el colocarle los aros alrededor de cada spider no benefician tanto al proceso debido a que si el alambre viene muy enredado en el rollo, el aro estará obstruyendo su desenvolvimiento y a la vez le dificulta al operador la visibilidad para detectar a tiempo que el alambre esta enredado y evitar la parada de la máquina.

Inclusive el diseño de la máquina electro soldadora en si aporta causas que generan las paradas, debido a que en la parte de los rodillos tractores e impulsores el alambre queda muy libre de movimiento lo que genera que este se flexione y pierda su cuerpo enderezado, ocasionando que se enrede al nivel de estos rodillos.

Debido a todas estas causas se hacen dos propuestas de cambiar el diseño de la forma como ascienden las rollos por lo cual es necesario suprimir las causas de estas

paradas que generan pérdida de tiempo y de producción. Es por ello que se sugiere retirar los gorros de los spider conjuntamente con los aros que van sobre el rollo de alambre, para así eliminar los estancamientos del alambre en estas áreas, adicionalmente para evitar que el mismo se enrede al nivel de la polea se proponen dos opciones de rediseño que conforman un prototipo que posteriormente podrían utilizarse en conjunto estas dos propuestas son descritas a continuación:

### **Primer diseño:**

Se propone instalar una estructura de desenrollado natural de los rollos por medio de un gorro de metal en forma de cono por el cual el alambre se traslade por dentro del mismo y a medida que se reduce el diámetro del cono el alambre va tender a desenrollarse por sí solo para poder pasar por un diámetro más reducido y así llegar a la polea, de esta manera garantizar que el alambre llegue a la polea desenredado.

Cabe destacar que este gorro se propuso colocar un tanto más abajo de la polea, pero por encima del spider y podrá ser sujetado por un tubo horizontal que vaya adherido a la columna de la polea utilizando bisagras, para que este pueda ser trasladado de un punto a otro al momento de que el operador deba abastecer el spider con un rollo nuevo.

Es importante resaltar que la estructura actual para el sistema de poleas no sería eliminada o modificada, simplemente se le haría el anexo de este sistema del cono aéreo.

Se ha de mencionar que este sistema ha resultado factible para otras empresas con instalaciones similares, como por ejemplo en empresas mexicanas encargadas de producir rollos de alambre tienen instalado este sistema propuesto para su máquina trefiladora, debido a que este ayuda a que sus rollos se desenrollen con más facilidad.

## **Segundo diseño:**

Se propuso fabricar una estructura similar a los gorros actuales pero en forma de embudo, es decir, que su diámetro a medida que asciende se hiciera más grande. Esto con el fin de colocarlos sobre los spider de manera que la salida natural del rollo siga siendo hacia arriba, pero a medida que va ascendiendo el alambre, su espiral se va haciendo más grande y menos notable y así al llegar a la polea, el alambre este desenredado. Este sistema sustituiría al gorro anterior que era uno de los elementos que causaba la mayor cantidad de paradas en la línea de producción, mas sin embargo no era la parada que demoraba más tiempo en solucionarse.

Se propuso instalar un gorro aéreo de prueba bajo la polea número 7 ya que es el spider que presentaba mayor cantidad de paradas, además con colocar un embudo sobre el spider número 1 y así con ambas propuestas en periodo de prueba se verificara la factibilidad de cada una de ellas y se evaluara si se instala alguna de ellas sobre toda la estructura.

## **Semana 5:** Montaje del prototipo de la nueva estructura propuesta.

Una vez evaluadas y aprobadas las pruebas en las dos propuestas de los diseños de la máquina se procedió a la fabricación e instalación de estos. Obteniendo como resultado las dos estructuras que se muestra en los siguientes gráficos:



**Gráfico 8: Prototipo 1 instalado en periodo de pruebas**



**Gráfico 9: Prototipo 2 instalado en periodo de pruebas**

**Semana 6:** Prueba del prototipo de la nueva estructura propuesta.

Una vez instaladas las dos pruebas en los spider seleccionados se procedió a observar el comportamiento del proceso con estas estructuras instaladas y la factibilidad del mismo. Donde se observó que el segundo diseño, arriba mencionado, no ofreció una optimización del proceso y generaba la misma cantidad de paradas que

el sistema anterior por lo que se eliminó esa propuesta. Por su parte el primer diseño si ofrecía una respuesta positiva para el proceso productivo y reducía las paradas de manera significativa por lo cual se construyó otra estructura similar, sin embargo habían detalles por corregirle, debido a que durante las pruebas se analizó su mantenibilidad (debido a que todo se diseñó en base a soldadura) y operatividad durante el cambio de rollos y se determinó que debían rediseñarse esos dos aspectos para mejorar la propuesta. Los siguientes gráficos muestran los ajustes que se hicieron en esos dos aspectos para luego rediseñarlos a la estructura final.



**Gráfico 10: Segunda instalación del prototipo 1 en pruebas**



**Gráfico 11: Prototipo 1 instalado con rediseños**



**Gráfico 12: Todas las instalaciones del prototipo 1 en período de pruebas**

**Semanas 7 y 8:** Rediseño e instalación total de la nueva estructura propuesta.

En base a los ajustes en la mantenibilidad y operatividad de las estructuras se comenzó a rediseñar la propuesta, ajustando así las dimensiones del gorro aéreo para reducir su tamaño, además de colocarlo mucho más cercano a la polea para que no obstruyera el montaje de los rollos nuevos y finalmente sustituyendo la soldadura por

pernos de manera que al deteriorarse estas estructuras pudieran ser más fácilmente removibles. Inclusive selecciono el color que por normas de seguridad industrial ameritaba tener, obteniendo como resultado la siguiente instalación total:



**Gráfico 13: Rediseño definitivo e instalado**



**Gráfico 14: Estructura instalada en su totalidad en fase de control del proceso**

**Semana 9:** Medición de paradas y niveles de producción con la nueva estructura ya instalada en su totalidad.

Una vez instalada en la totalidad de los spiders se procedió a llevar el control y registro del proceso, tanto en la cantidad de paradas que se presentaban como en los

niveles de producción, para comprobar si funcionaba o no el sistema, arrojando los siguientes resultados

En cuanto a la cantidad de paradas:

**Cuadro 4: Paradas por día según su causa con las mejoras realizadas**

|   | prom. X día  |
|---|--------------|
| <b>CANTIDAD DE PARADAS EN HORAS DE 7:00 AM A 12 PM:</b> | <b>24,50</b> |
| <b>PARADAS POR LAR:</b>                                 | <b>16,25</b> |
| PARADAS POR ATASCARSE EL ALAMBRE EN LA POLEA            | 0,50         |
| PARADAS POR ATASCARSE EL ROLLO EN ARO                   | 0,00         |
| PARADAS POR ATASCARSE EL ROLLO CON EL SPIDER            | 1,00         |
| PARADAS POR ATASCARSE EL ROLLO EN EL GORRO              | 13,25        |
| PARADAS POR ROLLO ENREDADO                              | 0,00         |
| PARADAS POR CAIDAS DEL GORRO                            | 0,50         |
| PARADAS POR ATASCARSE EL ALAMBRE EN LOS RODILLOS        | 1,00         |
| <b>PARADAS POR MG:</b>                                  | <b>8,25</b>  |
| PARADAS POR CAIDA DESIGUAL DE LOS TRANSVERSALES         | 5,25         |
| PARADAS PARA ABASTECER TRANSVERSALES                    | 2,75         |
| PARADAS POR DOBLARSE EL TRANSVERSAL O SER MAS CORTO     | 0,00         |
| PARADAS POR ALAMBRE DEFECTUOSO (SOLDADO O DOBLADO)      | 0,25         |
| PARADAS POR ELECTROIMANES SUCIOS                        | 0,00         |

Se observa que la cantidad de paradas por LAR pasó de 42,67 paradas al día como se apreció en el cuadro 1 a 16,25 como se aprecia en el cuadro 4 disminuyendo así en un 61,9 % la cantidad de paradas al día.

Por su parte los niveles de producción también tuvieron un impacto positivo al ver disminuidas estas paradas, logrando así los siguientes resultados:

**Cuadro 5: Nivel de producción de mallas con paradas irregulares**

| NIVEL DE PRODUCCION CON PARADAS IRREGULARES Y PARADAS POR CAMBIO DE BOBINA |        |
|--|--------|
| NUMEROS DE MUESTRAS  | 18     |
| NIVEL MAS ALTO   | 100%   |
| NIVEL MAS BAJO   | 56%    |
| SUMA DE TODOS LOS PORCENTAJES  | 1383   |
| PORCENTAJE PROMEDIO  | 76,83% |

**Cuadro 6: Nivel de producción de mallas con paradas regulares**

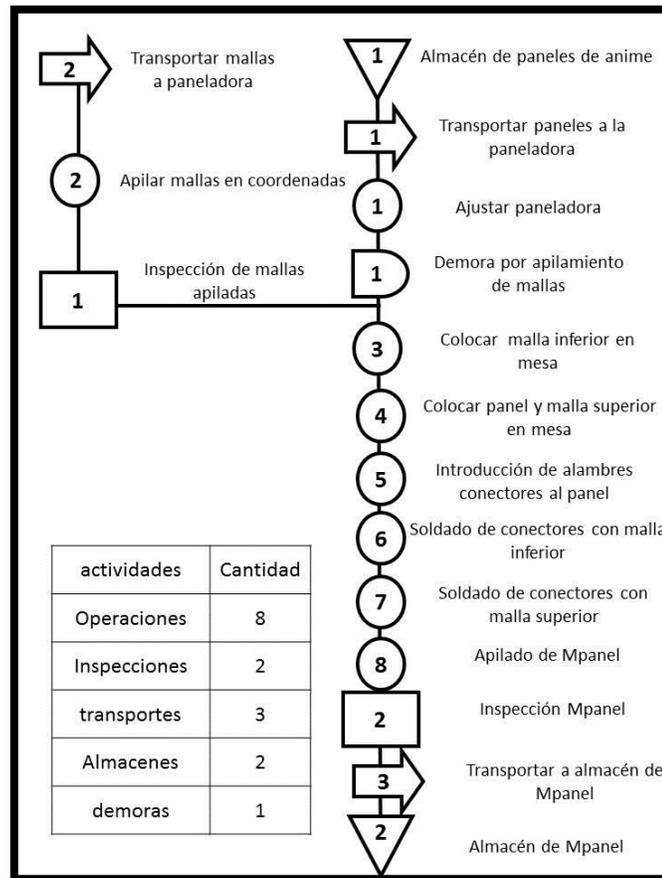
| NIVEL DE PRODUCCION TOTAL     |        |
|-------------------------------|--------|
| NUMEROS DE MUESTRAS           | 18     |
| NIVEL MAS ALTO                | 100%   |
| NIVEL MAS BAJO                | 62%    |
| SUMA DE TODOS LOS PORCENTAJES | 1547   |
| PORCENTAJE PROMEDIO           | 85,94% |

En los cuadros 5 y 6 se aprecia que los niveles de producción aumentaron a un 76,83 % cuando hay paradas que no son habituales que sucedan, y a un 85,94 % en su proceso normal incluyendo las paradas que son normales en el proceso tales como las que hemos estado estudiando a lo largo del informe.

Cabe destacar que estos números si se encuentran dentro de lo esperado por la empresa, puesto que considerando el proceso por la calidad de la materia prima, las fallas no se pueden eliminar en su totalidad, pero si se pueden reducir y controlar.

**Semanas 10 y 11:** Comienzo de segundo objetivo, observación del proceso productivo de panelado y medición del tiempo de parada durante el apilamiento de mallas.

Ya en la segunda parte del proyecto, para poder entender que proceso se quería mejorar, realizamos una observación del proceso de panelado, que es la parte final de la fabricación del Mpanel, y así determinar en qué punto del proceso se generaba el tiempo de parada de la máquina, el siguiente diagrama de flujo de proceso muestra la información.



**Gráfico 15: Diagrama de flujo del proceso de Panelado**

Del mismo modo en esta semana se aplicó estudio de tiempo con cronómetro en donde se tomaron en cuenta diversos factores mencionados anteriormente, que fueron los siguientes:

- ✓ Selección de la operación: apilado de mallas.
- ✓ Selección de los operadores: operador de paneladora 2, operador de electro soldadora, ayudante de paneladora 2.
- ✓ Método para llevar a cabo la operación: apilado manual.

Y además se tomó registro del tiempo que tardan en apilar un lote de 100 mallas, arrojando los siguientes resultados:

**Cuadro 7: Datos de apilamiento de mallas de forma manual**

| Datos durante el apilamiento de lotes de 100 mallas |                  |                          |                |
|---|------------------|--------------------------|----------------|
| n° muestra  | n° de operadores | longitud de la malla (m) | duracion (min) |
| 1   | 3                | 4,00                     | 09:30          |
| 2   | 3                | 3,50                     | 08:00          |
| 3   | 3                | 3,50                     | 07:20          |
| 4   | 2                | 2,50                     | 05:30          |
| 5   | 2                | 2,50                     | 05:00          |
| 6   | 2                | 3,00                     | 07:00          |
| 7   | 2                | 3,00                     | 07:20          |
| 8   | 2                | 3,00                     | 07:35          |
| 9   | 2                | 2,80                     | 06:20          |
| 10  | 3                | 3,80                     | 06:40          |
| promedios   | 2,4              | 3,16                     | 07:01          |

De esta manera se observa que el tiempo promedio perdido durante el apilamiento manual de las mallas es de aproximadamente 7 minutos por operación en la cual se mantienen ocupados más de 2 trabajadores realizando esta labor cuando las mallas superan los 3 metros de longitud, y destacando que esta genera una fatiga adicional en su jornada laboral.

A nivel de pérdidas de producción se determinó mediante observación y encuestas a los operadores que esta operación la realizan 8 veces al día aproximadamente, que generaría un total de 56 minutos improductivos al día, tiempo en el cual se producen aproximadamente 200 metros cuadrados de Mpanel tomando en cuenta que en la planta funcionan 2 paneladoras iguales, lo que generaría pérdidas de 400 metros cuadrados de Mpanel al día y sin considerar las perdidas monetarias que esto acarrea.

**Semana 12:** Evaluación de ajustes a considerar para instalación de nueva estructura de apilamiento.

Se planteó colocar una estructura a la descarga de la malla para que esta pueda caer apilada correctamente, tal cual como las necesita el sistema robotizado de la

paneladora para reconocerlas, y así eliminar el proceso de apilamiento manual. Antes se evaluó todos los aspectos que habría que eliminar o modificar para que el diseño funcionara, se consideró que era necesario:

- Diseñar un sistema que lograra la estabilidad de la malla al ser descargada, debido a que cuando el cilindro que posee un gancho en un extremo extrae la malla, esta no siempre era trasladada a un punto constante de los rieles, provocando que la malla fuera descargada a distintas distancias con respecto al eje horizontal, disminuyendo la posibilidad de apilamiento.
- A los rieles de descarga de la máquina se le deberían colocar ángulos extensores para aumentar su longitud, debido a que las mallas mayores de 3 metros de largo sobrepasaban la punta de los rieles, provocando un pandeo de la malla en ese extremo y en consecuencia las mallas se entrelazaban al descender.
- A uno de los rieles de descarga se le debía ajustar su posición, debido a que este no se encontraba paralelo al piso sino inclinado, por lo cual al abrirse ambos para descargar la malla, uno ejecutaba la función primero que el otro, provocando que la malla descendiera de forma inclinada y no lineal como se deseaba, esto sucedía debido a que los pasadores que mantenían al riel paralelo, estaban desgastados y ya no cumplían su función.



**Gráfico 16: Rieles de descarga de la electro soldadora**

El gráfico anterior muestra como las mallas superan la longitud de los rieles, por ello se propone alargarlos.



**Gráfico 17: Riel izquierdo de descarga de mallas**

El gráfico 17 muestra como el riel izquierdo se encuentra inclinado, provocando que descargue la malla primero por ese extremo y luego por el otro.

Realizando esas modificaciones se podía proceder a diseñar un sistema para el apilamiento de las mallas.

**Semana 13:** Diseño de nueva estructura propuesta para el apilamiento de mallas.

Ya con los ajustes realizados en la maquina se procedió a diseñar una estructura para el propósito del proyecto. Para lograr que las mallas queden apiladas correctamente se propuso colocar una rampa bajo la descarga de las mallas, de manera que estas al ser desprendidas por los rieles, uno de los extremos de la malla se deslice sobre la rampa y estas a su vez caigan sobre unos tubos que estarán ligeramente separados de la rampa de manera que el primer transversal y el encabezado de la malla queden retenidos entre la base de la rampa y estos tubos antes mencionados y así eliminar el efecto rebote que se produce al caer. Para lograr que esta propuesta sea afectiva se propuso colocar las siguientes estructuras para realizar las pruebas que demuestren la factibilidad o no del sistema.

- Se debió colocar la rampa a la distancia adecuada en relación con la caída de las mallas para que estas al caer, se deslicen lo más rápido posible por la rampa para que de esta manera no se enrede la malla en el otro extremo que no hace contacto con la rampa.
- Colocarle 4 láminas guías a los lados de la caída de la malla, dos de cada lado exactamente a 124,5 cm entre una lámina con otra de manera que estas al caer se deslicen por las mismas y así lograr que queden apiladas tanto del lado izquierdo de la malla, como del derecho.
- Colocarle unas láminas por encima de la malla al nivel del gancho, por la cual la malla terminada haga su recorrido debajo de esta y así se evite el pandeo de la malla, lo que genera que el gancho suelte la malla y no la traslade hasta el lugar adecuado donde estaría la rampa.
- Realizarle soportes al piso tal como los que estaban en el área de la paneladora, donde van las paletas en las que se apilan las mallas, para que de esta manera al descender queden apiladas directamente sobre la paleta que utiliza el sistema robotizado.

- Del mismo modo se propuso anexarle a la paleta de apilado que utiliza el sistema robotizado de la paneladora un tubo por el cual caerá el primer transversal de la malla, el cual retendrá la malla y se encargara de eliminar ese efecto rebote antes mencionado.
- Se propuso que se utilizara un montacargas exclusivamente para el área de Mpanel debido a que este intervendrá en la línea de producción para trasladar las paletas con el lote de mallas apiladas desde la electro soldadora hasta la paneladora y colocarla en sus respectivos soportes, además de colocar la nueva paleta vacía en los soportes que irán bajo la electro soldadora. Esta propuesta se formuló, ya que todo este procedimiento se hacía manualmente.

Todas estas propuestas debían ser probadas para verificar que fuesen 100% estables y garantizar que el apilado de las mallas no sea inconsistente.

**Semanas 14 y 15:** Montaje y pruebas de prototipo para apilamiento de mallas.

Una vez aprobada la propuesta y la ejecución del período de pruebas se pasó a realización de las estructuras necesarias, las cuales se representaran en los siguientes gráficos:



**Gráfico 18: Área de Descarga de mallas de la electro soldadora**

El anterior gráfico muestra el área donde se realizaron las pruebas antes de instalarle las estructuras, esta es conocida como el área de descarga de las mallas terminadas.



**Gráfico 19: Área de descarga de mallas en periodo de pruebas**

El gráfico 19 muestra las láminas sobre las cuales pasa la malla, la mantiene firme y evita el pandeo de la misma, impidiendo así que el gancho la suelte mientras la traslada por los rieles de descarga.



**Gráfico 20: Rampa Propuesta para el apilamiento de mallas**

El gráfico 20 muestra la rampa propuesta sobre la cual se realizaran las pruebas, y en la que la malla se deslizara para luego quedar apilada.



**Gráfico 21: Paleta de apilamiento en periodo de pruebas**

En este gráfico se pueden apreciar las modificaciones que se le hicieron a la paleta de apilado, tales como el tubo que retendría el primer transversal de la malla y lograría el apilado.



**Gráfico 22: Soportes de las paletas de apilamiento**

El gráfico 22 muestra el soporte que se debería colocar bajo los rieles de descarga para que allí se coloque la paleta de apilado de manera que siempre se coloque en el mismo punto del suelo y así lograr el apilado.

**Semana 16:** Análisis de resultados obtenidos.

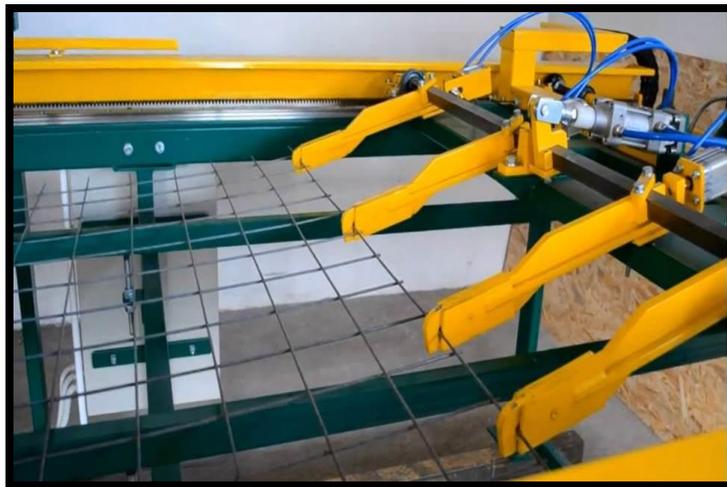
En la última semana del trabajo de pasantías se analizaron los resultados obtenidos de las pruebas realizadas, en la cual se observó que el sistema propuesto funcionaba en sí, pero no brindaba consistencia total al proyecto, debido a que en términos estadísticos 2 de cada 10 mallas no caían correctamente sobre la rampa a causa de la inconsistencia del gancho al momento de trasladar la malla por los rieles de descarga, ocasionando que estas 2 mallas no quedaran apiladas, además de ello las láminas colocadas al nivel del gancho como lo muestra el gráfico 19 generaban mucho ruido al momento de la malla pasar por este, además de ello las vibraciones al momento de cizallar la malla se transmitía a esta y generaba un levantamiento de la malla cerca del área de electro soldado que activaba la alarma de parada, por lo cual era necesario retirar dichas laminas para no generar otra parada.



**Gráfico 23:** Mallas apiladas durante periodo de pruebas

El gráfico 23 muestra como las pruebas reflejan que el sistema en si funciona, sin embargo necesitaba de constante supervisión humana para verificar que no se quedara ni una malla sin apilar, lo cual no es factible.

En vista de esos resultados se rediseño la estructura propuesta y se propuso eliminar el cilindro que llevaba el gancho de un punto a otro para trasladar la malla y además se recomendó instalar un sistema de actuadores neumáticos con pinzas en sus puntas, de manera que al cizallar la malla estos actuadores bajen sus pinzas y se cierren reteniendo la malla y trasladándola por los rieles a un punto exacto al momento de la descarga, eliminando así la inconsistencia del apilado automático.



**Gráfico 24: Pinzas con actuadores neumáticos propuestos**

El gráfico 24 muestra el sistema de pinzas con actuadores neumáticos propuesto, este sistema es utilizado por la electro soldadora de mallas VM 1000/2-5 de la marca mashtronics, se puede observar que es un sistema bastante sencillo y además de ello ideal para la electro soldadora de la empresa puesto que aseguraría el apilado automático de las mallas anexándolo a la estructura propuesta.

## CONCLUSIONES

La ejecución de este trabajo de pasantías se tradujo en beneficios para la empresa pues permitió aumentar en un 29 % aproximadamente los niveles de producción de la malla electro soldada, lo que se traduce a largo plazo en aumento de la producción del Mpanel que es el producto final de esta línea. Además, permitió conocer las futuras modificaciones que se le pueden hacer al proceso productivo en vistas de proyectarse a trabajos de mejoras continuas dentro de la planta.

Además se logró tener una opinión crítica de la preparación académica con la que cuenta la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA) debido a que se generaron resultados positivos como estudiante, pues permitió poner en práctica los conocimientos adquiridos durante la carrera y aprender nuevas herramientas que permiten el crecimiento personal y profesional, logrando así tener una experiencia previa sobre el campo laboral en el que nos desenvolveremos los futuros ingenieros de producción

En cuanto al plan de trabajo, se ejecutó cumpliendo con las indicaciones tanto de la UCLA como de la empresa. Destacando que fue un plan acondicionado a dos objetivos previamente asignados, y que en base al período reglamentario para el desarrollo de las pasantías se adaptó para poder obtener los mejores efectos posibles en base a ese espacio de tiempo, destacando que había actividades que pudieron ameritar mayor lapso para su ejecución o aplicación y obtener así resultados mucho más satisfactorios. Sin embargo se debe recalcar que para el ciclo de tiempo con el que se contó se obtuvieron efectos positivos y se logró aplicar métodos de ingeniería y análisis críticos de estos, llevando al plano real de la industria los conocimientos obtenidos durante el periodo de formación profesional en la universidad.

## RECOMENDACIONES

Algunas sugerencias para la empresa en base a los resultados obtenidos durante este período, va dirigido con respecto al proceso de producción de mallas en la electro soldadora, pues si bien en la capacidad de la máquina se reflejó un aumento de los niveles de producción, estos pueden mejorar aún más con la implantación de un operador adicional para la máquina, ya que el proceso involucrado presenta la diversidad de fallas ya conocidas que no resultan tan sencillas de controlar por un solo operador debido a lo extenso del recorrido de la máquina. Además la colocación de un operador más se resumiría en mayor eficiencia para la máquina, pues en operaciones como el montado de rollos de alambre y llenado de la tolva de alambres transversales se reduciría considerablemente el tiempo de ejecución de estas, además que la naturaleza de la operación hace compleja su ejecución por un solo operador.

Además se sugiere sustituir los spiders de diámetro pequeño por otros con un diámetro igual al resto de los demás, debido a que se comprobó que la mayor cantidad de fallas se presentan en estos de menor diámetro ocasionando paradas en el proceso.

En cuanto al segundo proyecto, se sugiere crear una planificación en base a este propósito debido a que es un objetivo un tanto extenso de ejecutar por la cantidad de pruebas que deben realizarse antes de su implantación para garantizar que perdure en el tiempo.

Por su parte con respecto al programa de pasantías se sugiere seguir manteniendo relación con las empresas que brindan oportunidades por primera vez a pasantes de la institución para no desestimar nuevas opciones de pasantías a futuros estudiantes.

## REFERENCIAS

- **Burgos, Fernando. (2005). Ingeniería De Métodos Calidad Productividad. Universidad de Carabobo, Venezuela**
- Documento en línea independiente, sin autor ni fecha de publicación extraído el 28 de julio de 2014 desde  
**<http://administracion.cinvestav.mx/Secretar%C3%ADaAdministrativa/Subdirecci%C3%B3ndeServiciosyMantenimiento/DepartamentodeMantenimiento.aspx>**
- Documento en línea independiente, sin autor ni fecha de publicación extraído el 28 de julio de 2014 desde  
**<http://www.scribd.com/doc/35886996/Funciones-de-La-Ingenieria-de-Mantenimiento>**
- Documento en línea independiente sin autor ni fecha de publicación extraído el 1 de agosto de 2014  
**<http://ingenierosindustriales.jimdo.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-del-trabajo/>**
- Documento en línea independiente sin autor ni fecha de publicación extraído el 5 de agosto de 2014  
**[http://www.ingenieria.unam.mx/industriales/descargas/documentos/catedra/libro\\_ET.pdf](http://www.ingenieria.unam.mx/industriales/descargas/documentos/catedra/libro_ET.pdf)**
- **Comité Especial de la ASME (1947), Norma ASME diagrama de los procesos de la operación y del recorrido.**